

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-264403

(43)Date of publication of application : 13.10.1995

(51)Int.Cl.

H04N 1/405

G03F 3/08

G06T 5/00

H04N 1/403

H04N 1/52

(21)Application number : 06-293809

(71)Applicant : DAINIPPON SCREEN MFG CO LTD

(22)Date of filing : 02.11.1994

(72)Inventor : MATSUBA MASATAKE

(30)Priority

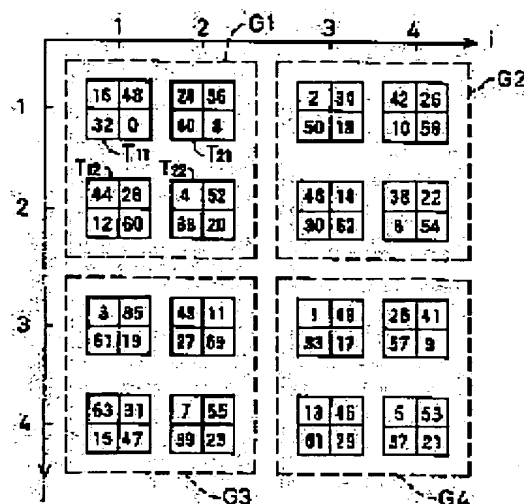
Priority number : 06 30936 Priority date : 01.02.1994 Priority country : JP

(54) METHOD FOR GENERATING THRESHOLD MATRIX AND METHOD AND DEVICE FOR BINARIZING IMAGE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reproduce sharp edges in an image in a more excellent way than that of a conventional technology using dots and to prevent production of an interference pattern such as moire or rosette pattern when a color printed matter is reproduced.

CONSTITUTION: A threshold matrix area is divided into plural submatrices T_{ij} whose size is equal to each other and a difference among plural threshold levels included in each sub-matrix T_{ij} is set to a prescribed. Furthermore, plural threshold values in each sub-matrix T_{ij} are arranged at random. When the sub-matrix is a 2×2 matrix, eight ways of patterns are in existence, in which two comparatively smaller threshold values in the four threshold values in the sub-matrix are arranged diagonally and two comparatively larger threshold values are arranged diagonally. The threshold matrix with a high space frequency and capable of reproducing smoothly gradation is generated by selecting at random one pattern among the eight ways of the patterns.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.11.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3113524号

(P3113524)

(45) 発行日 平成12年12月4日 (2000. 12. 4)

(24) 登録日 平成12年9月22日 (2000. 9. 22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I
H 0 4 N 1/405		H 0 4 N 1/40 C
G 0 3 F 3/08		G 0 3 F 3/08 A
G 0 6 T 1/00	4 6 0	G 0 6 T 1/00 4 6 0 J
H 0 4 N 1/403		H 0 4 N 1/40 1 0 3 A
1/52		1/46 B

請求項の数34(全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平6-293809

(22) 出願日 平成6年11月2日 (1994. 11. 2)

(65) 公開番号 特開平7-264403

(43) 公開日 平成7年10月13日 (1995. 10. 13)

審査請求日 平成9年11月28日 (1997. 11. 28)

(31) 優先権主張番号 特願平6-30936

(32) 優先日 平成6年2月1日 (1994. 2. 1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000207551

大日本スクリーン製造株式会社

京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4

丁目天神北町 1 番地の 1

(72) 発明者 松葉 正剛

京都市南区東九条南石田町 5 番地 大日

本スクリーン製造株式会社 十条事業所

内

(74) 代理人 100097146

弁理士 下出 隆史 (外 1 名)

審査官 橋爪 正樹

(56) 参考文献 特開 昭55-76389 (J P, A)

特開 昭55-76390 (J P, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 閾値マトリクスの作成方法並びに画像の2値化方法および装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 多階調画像データを2値化する際に使用される閾値マトリクスを作成する方法であって、(a) 閾値マトリクス領域を互いに等しいサイズの複数のサブマトリクスに分割し、各サブマトリクス内に含まれる複数の閾値同士の差分を所定の値に設定するとともに、各サブマトリクスにおいて前記複数の閾値をランダムに配置する工程、を備えることを特徴とする閾値マトリクスの作成方法。

【請求項2】 請求項1記載の閾値マトリクスの作成方法であって、
閾値マトリクスはM1×M2閾値マトリクス(M1, M2はそれぞれ偶数)であり、
工程(a)は、M1×M2マトリクス領域内に含まれる各2×2サブマトリクス内の4つの閾値の配列を、比較

2

的小さな2つの閾値同士を対角に配置するとともに比較的大きな閾値同士を対角に配置する8通りの組み合わせの中からランダムに選択する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項3】 請求項2記載の閾値マトリクスの作成方法であって、さらに、(b) 閾値配列が互いに異なる複数のM1×M2閾値マトリクスを生成する工程と、

(c) 前記複数のM1×M2閾値マトリクスを配列して得られるL1×L2閾値マトリクス(L1, L2はそれぞれM1, M2の整数倍の整数)を生成する工程とを含む、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項4】 請求項1記載の閾値マトリクスの作成方法であって、
閾値マトリクスはM×M閾値マトリクス(Mは2^Nの整数、Nは2以上の整数)であり、

3

4

工程 (a) は、 $M \times M$ マトリクス領域内に含まれる各 2×2 サブマトリクス T_{ij} (i, j は前記 $M \times M$ マトリクス領域内における 2×2 サブマトリクス T_{ij} の座標を示す) 内の閾値の配置を数式 1 に従って設定するととも *

* に、各座標 (i, j) において整数 $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$ の値の組み合わせをランダムに決定する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【数 1】

$$T_{ij} = 2^{2(N-1)} \begin{bmatrix} a_{ij} & c_{ij} \\ d_{ij} & b_{ij} \end{bmatrix} + k_{ij} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、

$$i, j : i=1 \sim \frac{M}{2}, j=1 \sim \frac{M}{2}$$

$N : 2^N = M$ となる 2 以上の整数

$k_{ij} : 0 \sim (\frac{M^2}{4} - 1)$ の互いに異なる整数であり、かつ、各 4×4 サブマトリクス

内に配置される 4 個の 2×2 サブマトリクス T_{ij} に対しては、 $\text{MOD}(k_{ij}, \text{GN})$ の値が互いに等しくなるように k_{ij} がそれぞれ設定される

$\text{MOD}(x, y)$: 整数 x を整数 y で割った余り

$\text{GN} : M \times M$ マトリクスに含まれる 4×4 サブマトリクスの個数 ($= \frac{M^2}{4 \times 4}$)

$a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$: 各 2×2 サブマトリクス T_{ij} において、0~3 のいずれか 1 つの値をとる互いに異なる整数

【請求項 5】 請求項 4 記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

工程 (a) は、さらに、前記各座標 (i, j) における整数 $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$ の値の組み合わせを、0 と 1 とが互いに対角に配置されるとともに、2 と 3 も互いに対角に配置される 8 通りの組み合わせの中からランダムに選択する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項 6】 請求項 1 記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

閾値マトリクスは $M \times M$ 閾値マトリクス (M は 2^N の整数、 N は 2 以上の整数) であり、

工程 (a) は、数式 2 によって表わされるマトリクス $T_{M \times M}$ を $M \times M$ 閾値マトリクスとして、 2×2 基本サブマトリクス S^1 内の成分 a, b, c, d の値の組み合わせを、前記 $M \times M$ 閾値マトリクス内に含まれる 2×2 サブマトリクス毎にランダムに決定する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【数 2】

n が $1 \sim N$ の整数 (N は $2^N = M$ となる 2 以上の整数) としたとき、 2^n 次の
 5 正方マトリクス $S_{(u,v)}^n$ を、次の一般式

$$S_{(u,v)}^n = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^{(n-1)} & S_{(2,1)}^{(n-1)} \\ S_{(1,2)}^{(n-1)} & S_{(2,2)}^{(n-1)} \end{bmatrix} + 2^{2(N-n)} \begin{bmatrix} E(a)^{(n-1)} E(c)^{(n-1)} \\ E(d)^{(n-1)} E(b)^{(n-1)} \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

とすると、 $M \times M$ 閾値マトリクス $TM_{M \times M}$ は、次の漸化式で与えられる 2^N 次
 の正方マトリクスである。

$$TM_{M \times M} = S_{(1,1)}^N = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^{(N-1)} & S_{(2,1)}^{(N-1)} \\ S_{(1,2)}^{(N-1)} & S_{(2,2)}^{(N-1)} \end{bmatrix} + 2^0 \begin{bmatrix} E(a)^{(N-1)} & E(c)^{(N-1)} \\ E(d)^{(N-1)} & E(b)^{(N-1)} \end{bmatrix}_{(1,1)}$$

$$S_{(u,v)}^{(N-1)} = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^{(N-2)} & S_{(2,1)}^{(N-2)} \\ S_{(1,2)}^{(N-2)} & S_{(2,2)}^{(N-2)} \end{bmatrix} + 2^2 \begin{bmatrix} E(a)^{(N-2)} & E(c)^{(N-2)} \\ E(d)^{(N-2)} & E(b)^{(N-2)} \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

...

$$S_{(u,v)}^2 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^1 & S_{(2,1)}^1 \\ S_{(1,2)}^1 & S_{(2,2)}^1 \end{bmatrix} + 2^{2(N-2)} \begin{bmatrix} E(a)^1 E(c)^1 \\ E(d)^1 E(b)^1 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^1 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^0 & S_{(2,1)}^0 \\ S_{(1,2)}^0 & S_{(2,2)}^0 \end{bmatrix} + 2^{2(N-1)} \begin{bmatrix} E(a)^0 E(c)^0 \\ E(d)^0 E(b)^0 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^0 = 0$$

$E(a)^{(n-1)}, E(b)^{(n-1)}, E(c)^{(n-1)}, E(d)^{(n-1)}$: n が $1 \sim N$ の時、すべての成分がそれ
 ぞれ a, b, c, d である $2^{(n-1)}$ 次の正方マトリクス

a, b, c, d : $0 \sim 3$ のいずれか 1 つの値をとる互いに異なる整数であり、各座標

(u,v) における係数マトリクス $\begin{bmatrix} E(a)^{n-1} & E(c)^{n-1} \\ E(d)^{n-1} & E(b)^{n-1} \end{bmatrix}_{(u,v)}$ において a, b, c, d の値が

任意 (ランダム) に設定される

【請求項 7】 請求項 6 記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

工程 (a) は、さらに、 2×2 基本サブマトリクス S^1 内の成分 a, b, c, d の組み合わせを、0 と 1 とが互
 40 いに対角に配置されるとともに、2 と 3 も互いに対角に配置される 8 通りの組み合わせの中からランダムに選択する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項 8】 請求項 4 ないし 7 のいずれかに記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

さらに、(b) 閾値配列が互いに異なる複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを生成する工程と、(c) 前記複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを配列して得られる $L1 \times L2$ 閾値マトリクス ($L1, L2$ はそれぞれ M の整数倍の整数) を生成する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項 9】 請求項 4 ないし 8 のいずれかに記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

$M \times M$ 閾値マトリクス内における最大値が $(M^2 - 2)$ であるか、または、最小値が 1 である閾値マトリクスの作成方法。

【請求項 10】 請求項 9 記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

$M \times M$ 閾値マトリクス内の M^2 個の閾値は、 $0 \sim (M^2 - 2)$ または $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲のすべての閾値が少なくとも 1 回出現し、1 つの閾値は 2 回出現する分布を有する、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項 11】 請求項 8 記載の閾値マトリクスの作成方法であって、

50 工程 (b) は、各 $M \times M$ 閾値マトリクス内の最大値 (M

2 - 1) または最小値 0 をそれぞれ $0 \sim (M^2 - 2)$ または $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲からランダムに選択された値に置き換えることによって、閾値配列が互いに異なる複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを生成する工程を含む、閾値マトリクスの作成方法。

【請求項 1 2】 多階調画像データを所定の閾値マトリクスと比較することによって 2 値化画像データを生成する方法であって、(a) 請求項 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の閾値マトリクスを記憶する第 1 のメモリを準備する工程と、(b) 前記第 1 のメモリに記憶された閾値マトリクス内の閾値を多階調画像データと比較することによって、前記多階調画像データを 2 値化する工程と、を備えることを特徴とする画像の 2 値化方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 記載の画像の 2 値化方法であって、

多階調画像データは複数の色成分を含み、

工程 (a) は、前記複数の色成分に対してそれぞれ異なる閾値マトリクスを作成して第 1 のメモリに記憶する工程を含み、

工程 (b) は、(1) 多階調画像データの複数の色成分のそれぞれに応じた前記閾値マトリクスから閾値を読み出す工程と、(2) 読み出された前記閾値とその閾値に対応する色成分の前記多階調画像データとを比較することによって、前記多階調画像データの各色成分をそれぞれ 2 値化する工程と、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 2 記載の画像の 2 値化方法であって、

多階調画像データは複数の色成分を含み、

工程 (a) は、閾値マトリクスを画像平面上に適用する際のオフセットアドレスを前記複数の色成分に対してそれぞれ異なる値に設定する工程を含み、

工程 (b) は、(1) 多階調画像データの複数の色成分のそれぞれについて、前記オフセットアドレスに応じて前記閾値マトリクスから閾値を読み出す工程と、(2) 読み出された前記閾値とその閾値に対応する色成分の前記多階調画像データとを比較することによって、前記多階調画像データの各色成分をそれぞれ 2 値化する工程と、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 4 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (a) は、さらに、複数の色成分に対するオフセットアドレスを記憶する第 2 のメモリを準備する工程を含み、

工程 (1) は、前記多階調画像データの色成分に応じて前記第 2 のメモリから前記オフセットアドレスを読み出すとともに、該読み出されたオフセットアドレスに応じて前記第 1 のメモリから閾値を読み出す工程を含む、画像の 2 値化方法。

【請求項 1 6】 請求項 1 4 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (a) は、さらに、複数の色成分に対するオフセットアドレスに応じて閾値分布をずらすことによって各色成分毎に前記閾値マトリクスを生成し、第 1 のメモリに記憶する工程を含み、

工程 (1) は、前記多階調画像データの色成分に応じて前記第 1 のメモリから閾値を読み出す工程を含む、画像の 2 値化方法。

【請求項 1 7】 請求項 1 4 ないし 1 6 のいずれかに記載の画像の 2 値化方法であって、

10 複数の色成分に対するオフセットアドレスは、少なくとも同一の走査線上において互いに異なる値を有する、画像の 2 値化方法。

【請求項 1 8】 多階調画像データを所定の閾値マトリクスと比較することによって 2 値化画像データを生成する装置であって、

請求項 1 ないし 1 1 のいずれかに記載の閾値マトリクスを記憶する第 1 のメモリと、

前記第 1 のメモリに記憶された閾値マトリクス内の閾値を読み出す読み手段と、

20 前記読み手段で読み出された閾値を多階調画像データと比較することによって、前記多階調画像データを 2 値化する比較手段と、を備えることを特徴とする画像の 2 値化装置。

【請求項 1 9】 請求項 1 8 記載の画像の 2 値化装置であって、

多階調画像データは複数の色成分を含み、

第 1 のメモリは、前記複数の色成分に対してそれぞれ異なる閾値マトリクスを記憶し、

30 読み手段は、多階調画像データの複数の色成分のそれぞれに応じた前記閾値マトリクスから閾値を読み出す手段を含む、画像の 2 値化装置。

【請求項 2 0】 請求項 1 8 記載の画像の 2 値化装置であって、

多階調画像データは複数の色成分を含み、

前記 2 値化装置は、さらに、

複数の色成分に対するオフセットアドレスを記憶する第 2 のメモリを備え、

読み手段は、

40 前記多階調画像データの色成分に応じて前記第 2 のメモリから前記オフセットアドレスを読み出す第 1 の手段と、該読み出されたオフセットアドレスに応じて前記第 1 のメモリから閾値を読み出す第 2 の手段とを含む、画像の 2 値化装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 8 記載の画像の 2 値化装置であって、

多階調画像データは複数の色成分を含み、

第 1 のメモリは、複数の色成分に対するオフセットアドレスに応じて閾値分布をずらすことによって各色成分毎に生成された閾値マトリクスを記憶し、

50 読み手段は、前記多階調画像データの色成分に応じて前

記第 1 のメモリから閾値を読み出す手段を含む、画像の 2 値化装置。

【請求項 2 2】 請求項 2 0 または 2 1 記載の画像の 2 値化装置であって、複数の色成分に対するオフセットアドレスは、少なくとも同一の走査線上において互いに異なる値を有する、画像の 2 値化装置。

【請求項 2 3】 請求項 1 2 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (b) は、(1) 閾値マトリクスを画像平面上に適用する際のオフセットアドレスを、前記画像平面上の座標位置に応じて異なる値に設定する工程と、(2) 前記オフセットアドレスに応じて前記閾値マトリクスから閾値を読み出す工程と、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 2 4】 請求項 2 3 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (1) は、オフセットアドレスの値を副走査方向の所定の周期毎に切替える工程、を備える画像の 2 値化方法。

【請求項 2 5】 請求項 1 2 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (b) は、(1) 画像平面上の座標位置に応じて異なる被演算値を生成する工程と、(2) 前記閾値マトリクスから読み出された閾値と前記被演算値とに対して所定の演算を行なうことによって閾値を修正する工程と、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 2 6】 請求項 2 5 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (2) は、閾値と被演算値との間で加算または減算を行なう工程、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 2 7】 請求項 2 5 記載の画像の 2 値化方法であって、

閾値マトリクスは $0 \sim (M^2 - 2)$ (ここで M は 2^N の整数、 N は 2 以上の整数) の範囲の閾値を含む閾値マトリクスであり、

工程 (2) は、前記閾値と被演算値とを加算して、 $2N$ ビットの 2 進数で表わされた加算結果に桁上げが生じない閾値に関しては 1 を減算する工程、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 2 8】 請求項 2 5 記載の画像の 2 値化方法であって、

工程 (2) は、被演算値と閾値の互いに対応する各ビットの論理演算を行なうことによって、前記閾値の各ビットを前記被演算値の各ビットのレベルに応じて反転する工程、を含む画像の 2 値化方法。

【請求項 2 9】 請求項 1 8 記載の画像の 2 値化装置であって、

読出手段は、閾値マトリクスを画像平面上に適用する際のオフセットアドレスを、前記画像平面上の座標位置に応じて異なる

値に設定するオフセットアドレス発生手段と、

前記オフセットアドレスに応じて前記閾値マトリクスから閾値を読み出す手段と、を含む画像の 2 値化装置。

【請求項 3 0】 請求項 2 9 記載の画像の 2 値化装置であって、

オフセットアドレス発生手段は、オフセットアドレスの値を副走査方向の所定の周期毎に切替える手段、を備える画像の 2 値化装置。

【請求項 3 1】 請求項 1 8 記載の画像の 2 値化装置であって、

読出手段は、画像平面上の座標位置に応じて異なる被演算値を生成する被演算値発生手段と、

前記閾値マトリクスから読み出された閾値と前記被演算値とに対して所定の演算を行なうことによって閾値を修正する演算手段と、を含む画像の 2 値化装置。

【請求項 3 2】 請求項 3 1 記載の画像の 2 値化装置であって、

演算手段は、閾値と被演算値との間で加算または減算を行なう算術演算手段、を含む画像の 2 値化装置。

【請求項 3 3】 請求項 3 1 記載の画像の 2 値化装置であって、

閾値マトリクスは $0 \sim (M^2 - 2)$ (ここで M は 2^N の整数、 N は 2 以上の整数) の範囲の閾値を含む閾値マトリクスであり、

演算手段は、前記閾値と被演算値とを加算して、 $2N$ ビットの 2 進数で表わされた加算結果に桁上げが生じない閾値に関しては 1 を減算する手段、を含む画像の 2 値化装置。

【請求項 3 4】 請求項 3 1 記載の画像の 2 値化装置であって、

演算手段は、被演算値と閾値の互いに対応する各ビットの論理演算を行なうことによって、前記閾値の各ビットを前記被演算値の各ビットのレベルに応じて反転する論理演算手段、を含む画像の 2 値化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、多階調画像データをハーフトーン画像データに 2 値化する際に使用される閾値マトリクスの作成方法、並びに、閾値マトリクスを用いた画像の 2 値化方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】印刷の分野では、連続調画像を再現するために、いわゆる網点を使用して連続調画像を 2 値化するのが普通である。網点は、濃度が高い領域では大きな面積を有し、濃度が低い領域では小さな面積を有するように生成される。このような多数の網点が配列された印刷物を肉眼で観察すると、元の連続調画像と同様の濃度の高低のある画像が見える。

【0003】カラーの印刷物を作成するための複数の色

版では、色版相互間で生ずるモアレを防止するために、各色版のスクリーン角度が互いに異なる値に設定される。YCMKの4色の色版を使用する場合には、例えば 0° 、 15° 、 75° 、 45° のスクリーン角度がそれぞれ設定される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、網点によって連続調画像を再現する技術では、画像内のシャープなエッジ（絵柄内の細線や文字などのエッジ）を十分に再現できない場合があるという問題があった。

【0005】また、ロゼットパターンとよばれる干涉模様や、カラー印刷物を再現する場合に元の印刷物の各色の網点パターンと複数の色版の網点パターンとの干涉に起因するモアレなどが十分に防止できない場合があるという問題もあった。

【0006】この発明は、従来技術における上述の課題を解決するためになされたものであり、従来の網点による技術に比べて画像内のシャープなエッジを良好に再現することを目的とする。

【0007】この発明は、さらに、ロゼットパターンやカラー印刷物を再現する場合のモアレなどの干涉模様の発生を十分に防止することを他の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段および作用】上述の課題を解決するため、この発明の請求項1に記載した閾値マトリクスの作成方法は、(a) 閾値マトリクス領域を互いに等しいサイズの複数のサブマトリクスに分割し、各サブマトリクス内に含まれる複数の閾値同士の差分を所定の値に設定するとともに、各サブマトリクスにおいて前記複数の閾値をランダムに配置する工程、を備える。

【0009】各サブマトリクス内の複数の閾値をランダムに配置するので、従来の網点のための閾値マトリクスに比べて閾値分布の空間周波数が高い。従って、このような閾値マトリクスを用いて2値化を行えば、従来の網点による技術に比べて画像内のシャープなエッジを良好に再現することができる。

【0010】なお、この発明において「ランダム」とは一見して規則性の無い状態を言い、乱数に従って決定された状態で無くてもよく、また、ある種の制限が課されていても良い。例えば、複数通りの選択肢の中から規則性無く選択する場合も「ランダムに選択する」と呼ぶ。

【0011】請求項2に記載された閾値マトリクスの作成方法では、閾値マトリクスは $M1 \times M2$ 閾値マトリクス ($M1$ 、 $M2$ はそれぞれ偶数) であり、工程 (a) は、 $M1 \times M2$ マトリクス領域内に含まれる各 2×2 サブマトリクス内の4つの閾値の配列を、比較的小さな2つの閾値同士を対角に配置するとともに比較的大きな閾値同士を対角に配置する8通りの組み合わせの中からランダムに選択する工程を含む。

【0012】 2×2 サブマトリクス内の4つの閾値の配

列の上記8通りの組み合わせは、4つの閾値の任意の配列の全部の24通りの組み合わせの中で空間周波数の比較的高い組み合わせである。従って、この8通りの中からランダムに選択すれば、閾値分布の空間周波数をより高くすることが可能である。

【0013】請求項3に記載された閾値マトリクスの作成方法では、さらに、(b) 閾値配列が互いに異なる複数の $M1 \times M2$ 閾値マトリクスを生成する工程と、

(c) 前記複数の $M1 \times M2$ 閾値マトリクスを配列して得られる $L1 \times L2$ 閾値マトリクス ($L1$ 、 $L2$ はそれぞれ $M1$ 、 $M2$ の整数倍の整数) を生成する工程とを含む。

【0014】複数の $M1 \times M2$ 閾値マトリクスを配列した $L1 \times L2$ 閾値マトリクスを作成するようにすれば、繰り返しの周期が $L1 \times L2$ となり $M1 \times M2$ よりも大きくなる。従って、2値化画像のほぼ同一濃度の領域において、閾値マトリクスの繰り返しに起因する規則的なパターンを目立ち難くすることができる。

【0015】請求項4に記載された閾値マトリクスの作成方法では、閾値マトリクスは $M \times M$ 閾値マトリクス (M は 2^N の整数、 N は2以上の整数) であり、工程

(a) は、 $M \times M$ マトリクス領域内に含まれる各 2×2 サブマトリクス T_{ij} (i 、 j は前記 $M \times M$ マトリクス領域内における 2×2 サブマトリクス T_{ij} の座標を示す) 内の閾値の配置を数式1に従って設定するとともに、各座標 (i 、 j) において整数 a_{ij} 、 b_{ij} 、 c_{ij} 、 d_{ij} の値の組み合わせをランダムに決定する工程、を含む。

【0016】請求項5に記載された閾値マトリクスの作成方法では、工程 (a) は、さらに、前記各座標 (i 、 j) における整数 a_{ij} 、 b_{ij} 、 c_{ij} 、 d_{ij} の値の組み合わせを、0と1とが互いに対角に配置されるとともに、2と3も互いに対角に配置される8通りの組み合わせの中からランダムに選択する工程を含む。

【0017】請求項6に記載された閾値マトリクスの作成方法では、閾値マトリクスは $M \times M$ 閾値マトリクス (M は 2^N の整数、 N は2以上の整数) であり、工程 (a) は、数式2によって表わされるマトリクス $T_{M \times M}$ を $M \times M$ 閾値マトリクスとして、 2×2 基本サブマトリクス S^1 内の成分 a 、 b 、 c 、 d の値の組み合わせを、前記 $M \times M$ 閾値マトリクス内に含まれる 2×2 サブマトリクス毎にランダムに決定する工程を含む。

【0018】請求項7に記載された閾値マトリクスの作成方法では、工程 (a) は、さらに、 2×2 基本サブマトリクス S^1 内の成分 a 、 b 、 c 、 d の組み合わせを、0と1とが互いに対角に配置されるとともに、2と3も互いに対角に配置される8通りの組み合わせの中からランダムに選択する工程を含む。

【0019】請求項8に記載された閾値マトリクスの作成方法では、さらに、(b) 閾値配列が互いに異なる複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを生成する工程と、(c) 前

記複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを配列して得られる $L1 \times L2$ 閾値マトリクス ($L1, L2$ はそれぞれ M の整数倍の整数) を生成する工程を含む。

【0020】請求項9に記載された閾値マトリクスの作成方法では、 $M \times M$ 閾値マトリクス内における最大値が ($M^2 - 2$) であるか、または、最小値が1である。

【0021】こうすれば、多階調画像データが $M \times M$ 階調を有するデジタルデータである場合に、多階調画像データのすべての階調を $M \times M$ 閾値マトリクスによって再現することができる。

【0022】請求項10に記載された閾値マトリクスの作成方法では、 $M \times M$ 閾値マトリクス内の M^2 個の閾値は、 $0 \sim (M^2 - 2)$ または $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲のすべての閾値が少なくとも1回出現し、1つの閾値は2回出現する分布を有する。

【0023】請求項11に記載された閾値マトリクスの作成方法では、工程(b)は、各 $M \times M$ 閾値マトリクス内の最大値 ($M^2 - 1$) または最小値をそれぞれ $0 \sim (M^2 - 2)$ または $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲からランダムに選択された値に置き換えることによって、閾値配列が互いに異なる複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを生成する工程を含む。

【0024】こうすれば、複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを全体として見たときに、 M^2 階調を滑らかに再現することができる。

【0025】請求項12に記載した画像の2値化方法では、(a) 請求項1ないし11のいずれかに記載の閾値マトリクスを記憶する第1のメモリを準備する工程と、(b) 前記第1のメモリに記憶された閾値マトリクス内の閾値を多階調画像データと比較することによって、前記多階調画像データを2値化する工程とを備える。

【0026】請求項13に記載された画像の2値化方法では、多階調画像データは複数の色成分を含み、工程(a)は、前記複数の色成分に対してそれぞれ異なる閾値マトリクスを作成して第1のメモリに記憶する工程を含み、工程(b)は、(1) 多階調画像データの複数の色成分のそれぞれに応じた前記閾値マトリクスから閾値を読み出す工程と、(2) 読出された前記閾値とその閾値に対応する色成分の前記多階調画像データとを比較することによって、前記多階調画像データの各色成分をそれぞれ2値化する工程と、を含む。

【0027】複数の色成分についてそれぞれ異なる閾値マトリクスを使用して2値化を行なえば、カラー印刷物を再現する場合にも、モアレやロゼットパターンなどの干渉模様の発生を十分に防止することができる。

【0028】請求項14に記載された画像の2値化方法では、多階調画像データは複数の色成分を含み、工程(a)は、閾値マトリクスを画像平面上に適用する際のオフセットアドレスを前記複数の色成分に対してそれぞれ異なる値に設定する工程を含み、工程(b)は、

(1) 多階調画像データの複数の色成分のそれぞれについて、前記オフセットアドレスに応じて前記閾値マトリクスから閾値を読み出す工程と、(2) 読出された前記閾値とその閾値に対応する色成分の前記多階調画像データとを比較することによって、前記多階調画像データの各色成分をそれぞれ2値化する工程と、を含む。

【0029】複数の色成分について互いに異なるオフセットアドレスを設定すれば、複数の色成分について同一の閾値マトリクスを使用しても、モアレやロゼットパターンなどの干渉模様の発生を十分に防止することができる。

【0030】請求項15に記載された画像の2値化方法では、工程(a)は、さらに、複数の色成分に対するオフセットアドレスを記憶する第2のメモリを準備する工程を含み、工程(1)は、前記多階調画像データの色成分に応じて前記第2のメモリから前記オフセットアドレスを読み出すとともに、該読出されたオフセットアドレスに応じて前記第1のメモリから閾値を読み出す工程を含む。

【0031】請求項16に記載された画像の2値化方法では、工程(a)は、さらに、複数の色成分に対するオフセットアドレスに応じて閾値分布をずらすことによって各色成分毎に前記閾値マトリクスを生成し、第1のメモリに記憶する工程を含み、工程(1)は、前記多階調画像データの色成分に応じて前記第1のメモリから閾値を読み出す工程を含む。

【0032】請求項17に記載された画像の2値化方法では、複数の色成分に対するオフセットアドレスは、少なくとも同一の走査線上において互いに異なる値を有する。

【0033】こうすれば、複数の色成分の2値化画像が同じパターンを有することがないので、色ずれの発生を防止できる。

【0034】請求項18に記載された画像の2値化装置は、請求項1ないし11のいずれかに記載の閾値マトリクスを記憶する第1のメモリと、前記第1のメモリに記憶された閾値マトリクス内の閾値を読み出す読出手段と、前記読出手段で読出された閾値を多階調画像データと比較することによって、前記多階調画像データを2値化する比較手段と、を備える。

【0035】請求項19に記載された画像の2値化装置では、多階調画像データは複数の色成分を含み、第1のメモリは、前記複数の色成分に対してそれぞれ異なる閾値マトリクスを記憶し、読出手段は、多階調画像データの複数の色成分のそれぞれに応じた前記閾値マトリクスから閾値を読み出す手段を含む。

【0036】請求項20に記載された画像の2値化装置では、多階調画像データは複数の色成分を含み、前記2値化装置は、さらに、複数の色成分に対するオフセットアドレスを記憶する第2のメモリを備え、読出手段は、

10

20

30

40

50

前記多階調画像データの色成分に応じて前記第2のメモリから前記オフセットアドレスを讀出す第1の手段と、該讀出されたオフセットアドレスに応じて前記第1のメモリから閾値を讀出す第2の手段とを含む。

【0037】請求項21に記載された画像の2値化装置では、多階調画像データは複数の色成分を含み、第1のメモリは、複数の色成分に対するオフセットアドレスに応じて閾値分布をずらすことによって各色成分毎に生成された閾値マトリクスを記憶し、讀出手段は、前記多階調画像データの色成分に応じて前記第1のメモリから閾値を讀出す手段を含む。

【0038】請求項22に記載された画像の2値化装置では、複数の色成分に対するオフセットアドレスは、少なくとも同一の走査線上において互いに異なる値を有する。

【0039】請求項23に記載した画像の2値化方法では、工程(b)は、(1) 閾値マトリクスを画像平面上に適用する際のオフセットアドレスを、前記画像平面上の座標位置に応じて異なる値に設定する工程と、(2) 前記オフセットアドレスに応じて前記閾値マトリクスから閾値を讀出す工程と、を含む。

【0040】こうすれば、1つの閾値マトリクスを用いて、座標位置毎に異なる閾値パターンを発生させることができる。

【0041】請求項24に記載した画像の2値化方法では、工程(1)は、オフセットアドレスの値を副走査方向の所定の周期毎に切替える工程、を備える。

【0042】こうすれば、1つの閾値マトリクスを用いて、副走査方向の所定の周期毎に異なる閾値パターンを発生させることができる。

【0043】請求項25に記載した画像の2値化方法では、工程(b)は、(1) 画像平面上の座標位置に応じて異なる被演算値を生成する工程と、(2) 前記閾値マトリクスから読み出された閾値と前記被演算値とに対して所定の演算を行なうことによって閾値を修正する工程と、を含む。

【0044】こうすれば、座標位置毎に異なる被演算値で閾値が調整されるので、座標位置毎に異なる閾値パターンを発生させることができる。

【0045】請求項26に記載した画像の2値化方法では、工程(2)は、閾値と被演算値との間で加算または減算を行なう工程、を含む。

【0046】請求項27に記載した画像の2値化方法では、閾値マトリクスは $0 \sim (M^2 - 2)$ (ここでMは2以上の整数、Nは2以上の整数)の範囲の閾値を含む閾値マトリクスであり、工程(2)は、前記閾値と被演算値とを加算して、2Nビットの2進数で表わされた加算結果に桁上げが生じない閾値に関しては1を減算する工程、を含む。

【0047】こうすれば、加算後の閾値を $0 \sim (M^2 -$

2)に納めることができるので、2値化画像において多階調画像データのすべての階調を再現することができる。

【0048】請求項28に記載した画像の2値化方法では、工程(2)は、被演算値と閾値の互いに対応する各ビットの論理演算を行なうことによって、前記閾値の各ビットを前記被演算値の各ビットのレベルに応じて反転する工程、を含む。

【0049】この方法によっても、座標位置毎に異なる閾値パターンを発生させることができる。

【0050】請求項29に記載した画像の2値化装置では、讀出手段は、閾値マトリクスを画像平面上に適用する際のオフセットアドレスを、前記画像平面上の座標位置に応じて異なる値に設定するオフセットアドレス発生手段と、前記オフセットアドレスに応じて前記閾値マトリクスから閾値を讀出す手段と、を含む。

【0051】請求項30に記載した画像の2値化装置では、オフセットアドレス発生手段は、オフセットアドレスの値を副走査方向の所定の周期毎に切替える手段、を備える。

【0052】請求項31に記載した画像の2値化装置は、讀出手段は、画像平面上の座標位置に応じて異なる被演算値を生成する被演算値発生手段と、前記閾値マトリクスから読み出された閾値と前記被演算値とに対して所定の演算を行なうことによって閾値を修正する演算手段と、を含む。

【0053】請求項32に記載した画像の2値化装置では、演算手段は、閾値と被演算値との間で加算または減算を行なう算術演算手段、を含む。

【0054】請求項33に記載した画像の2値化装置では、閾値マトリクスは $0 \sim (M^2 - 2)$ (ここでMは2以上の整数、Nは2以上の整数)の範囲の閾値を含む閾値マトリクスであり、演算手段は、前記閾値と被演算値とを加算して、2Nビットの2進数で表わされた加算結果に桁上げが生じない閾値に関しては1を減算する手段、を含む。

【0055】請求項34に記載した画像の2値化装置では、演算手段は、被演算値と閾値の互いに対応する各ビットの論理演算を行なうことによって、前記閾値の各ビットを前記被演算値の各ビットのレベルに応じて反転する論理演算手段、を含む。

【0056】

【実施例】

A. 基本マトリクスの構成：図1は、この発明の一実施例において使用される基本の閾値マトリクスの一例を示す平面図である。図1(a), (b), (c)は、 2×2 、 4×4 、 8×8 の基本マトリクス $BM_{2 \times 2}$ 、 $BM_{4 \times 4}$ 、 $BM_{8 \times 8}$ をそれぞれ示している。このような基本マトリクスは、B. E. Beyer が提案した閾値配列を持つパターンである。このような基本マトリクスのいずれかを

用いて多階調画像を2値化すると、その2値化画像の空間周波数は、他の種類の閾値マトリクスを用いた2値化画像の空間周波数よりも高いことが知られている。

【0057】図2(a)は4×4基本マトリクス $BM_{4 \times 4}$ を2×2サブマトリクス T_{ij} に分割した図であり、図2(b)は8×8基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ を2×2サブマトリクス T_{ij} に分割した図である。なお、(i, j)は2×2サブマトリクス T_{ij} の位置を示す座標であ*

$$T_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 32 \\ 48 & 16 \end{bmatrix} + k_{ij} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & 2 \times 2^4 \\ 3 \times 2^4 & 2^4 \end{bmatrix} + k_{ij} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= 2^4 \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} + k_{ij} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、

$ij: i=1 \sim 4, j=1 \sim 4$

$k_{ij}: 0 \sim 15$ の互いに異なる整数であり、かつ、各グループG1~G4に配置される4つの2×2サブマトリクス T_{ij} に対しては、 $MOD(k_{ij}, GN)$ の値が互いに等しくなるように k_{ij} がそれぞれ設定されている

$MOD(x, y):$ 整数 x を整数 y で割った余り

$GN:$ グループの数、すなわち、4×4サブマトリクスの個数 (=4)

【0059】数式3で示された k_{ij} の値は、図2(b)の8×8基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ については次の数式4の通りである。

【0060】

【数4】

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 8 & 2 & 10 \\ 12 & 4 & 14 & 6 \\ 3 & 11 & 1 & 9 \\ 15 & 7 & 13 & 5 \end{bmatrix}$$

* 8×8基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ において、16個の2×2サブマトリクス T_{ij} は、それぞれ4×4サブマトリクスを構成する4つのグループG1, G2, G3, G4に分類される。図2(b)における各2×2サブマトリクス T_{ij} は、次の数式3によって表わされる。

【0058】

【数3】

【0061】この数式4で示された k_{ij} の配列パターンは、図1(b)で示された4×4基本マトリクス $BM_{4 \times 4}$ の閾値配列パターンと一致している。

【0062】数式3を、一般の $M \times M$ の基本マトリクス $BM_{M \times M}$ (ただし M は 2^N 、 N は2以上の整数)に拡張すると、 $M \times M$ 基本マトリクス $BM_{M \times M}$ 内の各2×2サブマトリクス T_{ij} は次の数式5によって表される。

【0063】

30 【数5】

$$T_{ij} = 2^{2(N-1)} \begin{bmatrix} a_{ij} & c_{ij} \\ d_{ij} & b_{ij} \end{bmatrix} + k_{ij} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、

$$ij: i=1 \sim \frac{M}{2}, j=1 \sim \frac{M}{2}$$

$N: 2^N = M$ となる 2 以上の整数

$k_{ij}: 0 \sim (\frac{M^2}{4} - 1)$ の互いに異なる整数であり、かつ、各 4×4 サブマトリクス

内に配置される 4 個の 2×2 サブマトリクス T_{ij} に対しては、 $\text{MOD}(k_{ij}, \text{GN})$ の値が互いに等しくなるように k_{ij} がそれぞれ設定されている

$\text{MOD}(x, y)$: 整数 x を整数 y で割った余り

GN : グループ の数、すなわち、 4×4 サブマトリクスの個数 ($= \frac{M^2}{4 \times 4}$)

$a_{ij}: 0$ (ij に依存せず一定)

$b_{ij}: 1$ (ij に依存せず一定)

$c_{ij}: 2$ (ij に依存せず一定)

$d_{ij}: 3$ (ij に依存せず一定)

【0064】B. 実施例による閾値マトリクスの作成:
この発明に従って 8×8 の閾値マトリクスを作成する際には、まず、図 2 (b) に示す 16 個の 2×2 サブマトリクス T_{ij} のそれぞれにおいて、数式 5 の係数 a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} , d_{ij} の値を 0, 1, 2, 3 から選んでランダムに組み合わせる。なお、以下では、数式 5 の係数 a_{ij} , b_{ij} , c_{ij} , d_{ij} のマトリクスを、単に「係数マトリクス CM」と呼ぶ。

【0065】係数マトリクス CM の異なるパターンは全部で 24 通り存在する。図 3 は、24 通りのパターンの中で、好ましい 8 通りのパターンを示す説明図である。これらの 8 通りのパターンでは、比較的小さい値である 0 と 1 とが互いに対角に配置され、また、比較的大きな値である 2 と 3 も互いに対角に配置されている。なお、このようなパターンを、以下では「対角パターン」と呼ぶ。このような 8 通りの対角パターンは、他の 16 通りのパターンよりも空間周波数が高いので、画像内のエッジをよりシャープに再現することが可能である。

【0066】図 4 は、図 2 (b) の左上部の 2×2 サブマトリクス T_{11} と同じ閾値を含む 8 通りの対角パターンを示す図である。実施例で作成される 8×8 閾値マトリクスの 2×2 サブマトリクス T_{11} は、これらの 8 通りの対角パターンの中から選択されることが好ましい。ところで、前述した数式 3 から理解できるように、図 2

(b) に示す 16 個の 2×2 サブマトリクス T_{ij} は、左上部の 2×2 サブマトリクス T_{11} に、前述の数式 4 で示される定数 k_{ij} をそれぞれ加算したものである。実施例において各 2×2 サブマトリクス T_{ij} の閾値パターンを決定する際には、数式 3 の右辺第 1 項に含まれる基本的

な 2×2 のパターンを、図 4 (または図 3) に示される 8 つの対角パターンの中から選択することができる。

【0067】図 5 は、各 2×2 サブマトリクス T_{ij} に関して、8 通りの対角パターンの中から 1 つをランダムに選択して適用することによって得られた 2×2 サブマトリクス T_{ij} を示す図である。例えば、左上部のグループ G1 に属する 4 つの 2×2 サブマトリクス T_{11} , T_{21} , T_{12} , T_{22} は、それぞれ図 3 の (d), (d), (g), (b) に示すパターンを適用したものである。これらの 4 つの 2×2 サブマトリクス T_{11} , T_{21} , T_{12} , T_{22} は、次の数式 6 で表わすことができる。

【0068】

【数 6】

$$T_{11} = 2^{2(3-1)} \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} + 0 \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 & 48 \\ 32 & 0 \end{bmatrix}$$

$$T_{21} = 2^{2(3-1)} \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} + 8 \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 24 & 56 \\ 40 & 8 \end{bmatrix}$$

$$T_{12} = 2^{2(3-1)} \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} + 12 \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 44 & 28 \\ 12 & 60 \end{bmatrix}$$

$$T_{22} = 2^{2(3-1)} \begin{bmatrix} 0 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} + 4 \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 52 \\ 36 & 20 \end{bmatrix}$$

【0069】図 5 の各 2×2 サブマトリクス T_{ij} において、4 つの閾値成分を小さい順に並べたとき、その増加量 (差分) は、いずれの 2×2 サブマトリクス T_{ij} でも 16 ($= 2^{2(N-1)}$, $N=3$) になる。一般に、 $M \times M$ 閾値マトリクス内の各 2×2 サブマトリクス T_{ij} 内の 4 つの閾値の差分は、 $2^{2(N-1)}$ ($N=2^n$, $M=2^n$ となる整数) である。これは、前述した数式 5 の右辺第 1 項に示されている。

【0070】図 6 は、図 5 の 2×2 サブマトリクス T_{ij}

で構成される 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ を示す図である。この 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ は、この発明の実施例において多階調画像データの 2 値化に使用される閾値マトリクスの一例である。

【0071】なお、図5において、4つのグループG1～G4（ 4×4 サブマトリクス）のそれぞれにおいて、4つの 2×2 サブマトリクス T_{ij} の位置をランダムに配置することもできる。各グループ（ 4×4 サブマトリクス）内において、4つの 2×2 サブマトリクス T_{ij} を配置する組み合わせは 24通り存在するが、この場合にも、図3と同様な8通りの対角パターンからランダムに選択することが好ましい。図3の8通りの対角パターンは、比較的小さな2つの閾値同士、および、比較的大きな2つの閾値同士をそれぞれ対角に配置したパターンである。同様に考えて、図5のグループG1内の4つの 2×2 サブマトリクス T_{ij} を配置する際の対角パターンは、比較的小さな 2×2 サブマトリクス T_{11} , T_{22} を対角に配置し、比較的大きな 2×2 サブマトリクス T_{21} , T_{12} を対角に配置するようなパターンである。ここで、各 2×2 サブマトリクス T_{ij} を、閾値の組という意味で「閾値セット」と呼ぶことにする。このとき、対角パターンは、一般に、比較的小さな2つの閾値*

$$T_{ij} = 2^{2(N-1)} \begin{bmatrix} a_{ij} & c_{ij} \\ d_{ij} & b_{ij} \end{bmatrix} + k_{ij} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

ここで、

$$i, j: i=1 \sim \frac{M}{2}, j=1 \sim \frac{M}{2}$$

$N: 2^N = M$ となる 2 以上の整数

$k_{ij}: 0 \sim (\frac{M^2}{4} - 1)$ の互いに異なる整数であり、かつ、各 4×4 サブマトリクス

内に配置される4個の 2×2 サブマトリクス T_{ij} に対しては、 $MOD(k_{ij}, GN)$ の値が互いに等しくなるように k_{ij} がそれぞれ設定される

$MOD(x, y)$: 整数 x を整数 y で割った余り

$GN: M \times M$ マトリクスに含まれる 4×4 サブマトリクスの個数 ($= \frac{M^2}{4 \times 4}$)

$a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$: 各 2×2 サブマトリクス T_{ij} において、0～3のいずれか1つの値をとる互いに異なる整数

【0076】換言すれば、この数式7は、基本マトリクス BM を表す数式5において、係数マトリクス CM ($a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$ の 2×2 マトリクス)の各成分 $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$ の値を一定値とせずに、各成分 $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$ の値を0～3の中からランダムに選んで配置したものでもある。なお、数式7は前述した数式1と同じものである。

【0077】図7の閾値の配列は、数式7において、係数 k_{ij} の値を次の数式8のように設定したものである。

【0078】

* セット同士、および、比較的大きな2つの閾値セット同士をそれぞれ対角に配置したパターンであると定義することができる。なお、閾値セットがより大きなマトリクス（例えば 4×4 マトリクス）である場合にも、同様に対角パターンを考えることができる。

【0072】図5に示す各グループG1～G4（ 4×4 サブマトリクス）内の4つの 2×2 サブマトリクス T_{ij} の位置を、8通りの対角パターンの中からランダムに選択した場合の例を図7に示す。図7において、各グループG1～G4（ 4×4 サブマトリクス）に含まれる4つの 2×2 サブマトリクス同士の閾値の差分は、いずれのグループでも4 ($= M^2 / 4 \times 4$, $M=8$)である。

【0073】さらに、4つのグループG1～G4同士（すなわち、4つの 4×4 サブマトリクス同士）の配置を24通りの組み合わせの中の任意の1つから選択するようにしても良い。この場合も、8通りの対角パターンの中の1つを選択することが好ましい。

【0074】以上のようにして得られた 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ 内の各 2×2 サブマトリクス T_{ij} は、次の数式7のように表すことができる。

【0075】

【数7】

【数8】

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} 4 & 8 & 2 & 14 \\ 12 & 0 & 10 & 6 \\ 3 & 11 & 13 & 1 \\ 15 & 7 & 5 & 9 \end{bmatrix}$$

【0079】C. 実施例における閾値マトリクスの他の表現方法：図1(c)および図2(b)に示す 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ は、次の数式9によって表現することも可能である。

【0080】

【数 9】

$$BM_{8 \times 8} = S^3 = \begin{bmatrix} S^2 & S^2 \\ S^2 & S^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E(0)^2 E(2)^2 \\ E(3)^2 E(1)^2 \end{bmatrix}$$

$$S^2 = \begin{bmatrix} S^1 & S^1 \\ S^1 & S^1 \end{bmatrix} + 2^2 \begin{bmatrix} E(0)^1 E(2)^1 \\ E(3)^1 E(1)^1 \end{bmatrix}$$

$$S^1 = \begin{bmatrix} S^0 & S^0 \\ S^0 & S^0 \end{bmatrix} + 2^1 \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S^0 = 0$$

ただし、 $E(0)^{n-1}$, $E(1)^{n-1}$, $E(2)^{n-1}$, $E(3)^{n-1}$ (n は 1 ~ 3 の整数) は、それぞれすべての成分が 0, 1, 2, 3 である 2^{n-1} 次の正方マトリクス

$$\text{例えば, } \begin{bmatrix} E(0)^1 E(2)^1 \\ E(3)^1 E(1)^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{である}$$

【0081】マトリクス S^1 は 2×2 サブマトリクス T_{ij} の基本パターンを示しており、同様に、 S^2 は 4×4 サブマトリクス (すなわちグループ $G_1 \sim G_4$) の基本パターン (すなわち、 4×4 サブマトリクス) を示し、 S^3 は 8×8 マトリクス (すなわち 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$) を示している。この明細書では、基本閾値マトリクス BM の中で、 2×2 以上で最も小さいサイズのサブマトリクスを「基本サブマトリクス」と呼ぶ。 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ では、 2×2 サブマトリク

ス S^1 が基本サブマトリクスである。 9×9 基本マトリクスでは、 3×3 サブマトリクスが基本サブマトリクスになる。上述の数式 9 は 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ を表わしているが、これを一般の $M \times M$ 基本マトリクス $BM_{M \times M}$ に拡張すると、次の数式 10 のように表わすことができる。

【0082】

【数 10】

$$BM_{M \times M} = S^N = \begin{bmatrix} S^{N-1} & S^{N-1} \\ S^{N-1} & S^{N-1} \end{bmatrix} + 2^0 \begin{bmatrix} E(a)^{N-1} & E(c)^{N-1} \\ E(d)^{N-1} & E(b)^{N-1} \end{bmatrix}$$

$$S^{N-1} = \begin{bmatrix} S^{N-2} & S^{N-2} \\ S^{N-2} & S^{N-2} \end{bmatrix} + 2^1 \begin{bmatrix} E(a)^{N-2} & E(c)^{N-2} \\ E(d)^{N-2} & E(b)^{N-2} \end{bmatrix}$$

...

$$S^3 = \begin{bmatrix} S^2 & S^2 \\ S^2 & S^2 \end{bmatrix} + 2^{2(N-3)} \begin{bmatrix} E(a)^2 & E(c)^2 \\ E(d)^2 & E(b)^2 \end{bmatrix}$$

$$S^2 = \begin{bmatrix} S^1 & S^1 \\ S^1 & S^1 \end{bmatrix} + 2^{2(N-2)} \begin{bmatrix} E(a)^1 & E(c)^1 \\ E(d)^1 & E(b)^1 \end{bmatrix}$$

$$S^1 = \begin{bmatrix} S^0 & S^0 \\ S^0 & S^0 \end{bmatrix} + 2^{2(N-1)} \begin{bmatrix} E(a)^0 & E(c)^0 \\ E(d)^0 & E(b)^0 \end{bmatrix}$$

$$S^0 = 0$$

ここで,

$E(a)^{n-1}, E(b)^{n-1}, E(c)^{n-1}, E(d)^{n-1}$ (n は1~ N の整数) は, すべての成分がそれぞれ a, b, c, d である 2^{n-1} 次の正方マトリクス

a, b, c, d はそれぞれ 0, 1, 2, 3

(2^n 次のマトリクス S^n に含まれる $\begin{bmatrix} E(a)^{n-1} & E(c)^{n-1} \\ E(d)^{n-1} & E(b)^{n-1} \end{bmatrix}$ を係数マトリクス CM^n と呼ぶ)

【0083】数式10において、 2^n 次のマトリクス S^n に含まれる係数マトリクス CM^n は、4つの 2^{n-1} 次のマトリクス S^{n-1} にそれぞれ加算する値を示している。なお、前述した数式9は、数式10において、 $M=8, N=3, a=0, b=1, c=2, d=3$ とした場合に相当する。

【0084】一般に、 $M \times M$ 基本マトリクス $BM_{M \times M}$ を数式10によって表現した場合には、図5および図6に示す 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ は、次の手順で作成できる。まず、 8×8 マトリクス (2^3 次のマトリクス S^3) に含まれる係数マトリクス CM^3 の各成分 a, b, c, d の値をそれぞれ 0, 1, 2, 3 に設定する。この結果、マトリクス S^3 は次の数式11で表わされる。

【0085】

【数11】

$$S^3 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^2 & S_{(2,1)}^2 \\ S_{(1,2)}^2 & S_{(2,2)}^2 \end{bmatrix} + 2^0 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

係数マトリクス CM^3

【0086】この時点では、マトリクス S^3 に含まれる4つのマトリクス $S_{w,v}^2$ (4×4 マトリクス) の内容は決定されていない。次に、数式11に含まれる4つのマトリクス $S_{w,v}^2$ のそれぞれに含まれる係数マトリクス CM^2 (数式10) の各成分 a, b, c, d の値をそれぞれ 0, 1, 2, 3 に設定する。この結果、マトリクス S^3 は次の数式12で表わされる。

【0087】

【数12】

$$S^3 = \begin{matrix} 27 \\ \left[\begin{array}{c} [S_{(1,1)}^1 S_{(2,1)}^1] \\ [S_{(1,2)}^1 S_{(2,2)}^1] \end{array} \right]_{(1,1)} + 2^2 \left[\begin{array}{c} 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{c} [S_{(1,1)}^1 S_{(2,1)}^1] \\ [S_{(1,2)}^1 S_{(2,2)}^1] \end{array} \right]_{(1,2)} + 2^2 \left[\begin{array}{c} 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \end{array} \right] \\ \hline \text{CM}^2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} 28 \\ \left[\begin{array}{c} [S_{(1,1)}^1 S_{(2,1)}^1] \\ [S_{(1,2)}^1 S_{(2,2)}^1] \end{array} \right]_{(2,1)} + 2^2 \left[\begin{array}{c} 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \end{array} \right] \\ \left[\begin{array}{c} [S_{(1,1)}^1 S_{(2,1)}^1] \\ [S_{(1,2)}^1 S_{(2,2)}^1] \end{array} \right]_{(2,2)} + 2^2 \left[\begin{array}{c} 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 0 \ 0 \ 2 \ 2 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \\ 3 \ 3 \ 1 \ 1 \end{array} \right] \\ \hline \text{CM}^2 \end{matrix}$$

$$+ 2^0 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

係数マトリクス CM^3

【0088】最後に、数式12に含まれる16個のマトリクス S^1 (2×2 マトリクス)のそれぞれに含まれる係数マトリクス CM^1 (数式10)の各成分 a , b , c , d の値の組み合わせをランダムに設定する。この結果、 8×8 マトリクス S^3 は次の数式13で表わされる。

【0089】

【数13】

$$S^3 = 2^4 \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 & 3 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 0 & 3 & 1 & 0 & 3 \\ 2 & 1 & 0 & 3 & 0 & 3 & 1 & 2 \\ 0 & 3 & 2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 3 & 1 & 2 \\ 3 & 1 & 1 & 3 & 2 & 1 & 3 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 3 & 0 & 2 & 0 & 3 \\ 0 & 2 & 2 & 1 & 3 & 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

係数マトリクス CM^1
が16組

$$+ 2^2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 1 & 3 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

係数マトリクス CM^2
が4組

$$+ 2^0 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

係数マトリクス CM^3
が1組

【0090】数式13のマトリクスの各要素の値を実際に計算すると、図5および図6に示すマトリクスが得られる。数式13から解るように、係数マトリクス CM^1 の各成分 a , b , c , d の値は、定数 2^4 に乗算される値である。同様に、係数マトリクス CM^2 の各成分 a , b , c , d の値は定数 2^2 に乗算される値であり、係数マトリクス CM^3 の各成分 a , b , c , d の値は定数 2^0 ($=1$) に乗算される値である。一般には、 $M \times M$ マトリクス内の 2^n 次のマトリクス S^n (数式10の等式)に含まれる係数マトリクス CM^n (n は1~ N の整数であり、 N は $2^N = M$ となる整数)は、定数 $2^{2(N-n)}$ に乗算される値である。

【0091】また、数式12と数式13を比較すれば解るように、上述のようにして閾値マトリクスを作成する際には、 2^3 次のマトリクス S^3 に含まれる16個のマトリクス $S^1_{u,v}$ (数式12参照)のそれぞれの内容が異なっている。同様に、マトリクス S^3 に含まれる4個のマトリクス $S^2_{u,v}$ (数式11参照)のそれぞれを異なるようにしてもよい。従って、実施例による 8×8 閾値マトリクス $\text{TM}_{8 \times 8}$ は、次の数式14で表現することができる。

【0092】

【数14】

$$TM_{gg} = S^3_{(1,1)} = \begin{bmatrix} S^2_{(1,1)} & S^2_{(2,1)} \\ S^2_{(1,2)} & S^2_{(2,2)} \end{bmatrix} + 2^0 \begin{bmatrix} E(a)^2 & E(c)^2 \\ E(d)^2 & E(b)^2 \end{bmatrix}_{(1,1)}$$

$$S^2_{(u,v)} = \begin{bmatrix} S^1_{(1,1)} & S^1_{(2,1)} \\ S^1_{(1,2)} & S^1_{(2,2)} \end{bmatrix} + 2^2 \begin{bmatrix} E(a)^1 & E(c)^1 \\ E(d)^1 & E(b)^1 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S^1_{(u,v)} = \begin{bmatrix} S^0_{(1,1)} & S^0_{(2,1)} \\ S^0_{(1,2)} & S^0_{(2,2)} \end{bmatrix} + 2^4 \begin{bmatrix} E(a)^0 & E(c)^0 \\ E(d)^0 & E(b)^0 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S^0_{(u,v)} = 0$$

$E(a)^{n-1}, E(b)^{n-1}, E(c)^{n-1}, E(d)^{n-1}$: n が 1 ~ 3 の時, すべての成分がそれぞれ a, b, c, d である 2^{n-1} 次の正方マトリクス

a, b, c, d : 0 ~ 3 のいずれか 1 つの値をとる互いに異なる整数であり, 各座標

(u, v) における係数マトリクス $\begin{bmatrix} E(a)^{n-1} & E(c)^{n-1} \\ E(d)^{n-1} & E(b)^{n-1} \end{bmatrix}_{(u,v)}$ において a, b, c, d の値が

任意 (ランダム) に設定される

【0093】 数式 14 を $M \times M$ 閾値マトリクス TM_{kkl} に拡張すると, 次の数式 15 が得られる。なお, 数式 15 は前述した数式 2 と同じものである。

【0094】

【数 15】

n が $1 \sim N$ の整数 (N は $2^N = M$ となる 2 以上の整数) としたとき、 2^n 次の
 正方マトリクス $S_{(u,v)}^n$ を、次の一般式

$$S_{(u,v)}^n = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^{(n-1)} & S_{(2,1)}^{(n-1)} \\ S_{(1,2)}^{(n-1)} & S_{(2,2)}^{(n-1)} \end{bmatrix} + 2^{2(N-n)} \begin{bmatrix} E(a)^{(n-1)} & E(c)^{(n-1)} \\ E(d)^{(n-1)} & E(b)^{(n-1)} \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

とすると、 $M \times M$ 閾値マトリクス $TM_{M \times M}$ は、次の漸化式で与えられる 2^N 次
 の正方マトリクスである。

$$TM_{M \times M} = S_{(1,1)}^N = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^{(N-1)} & S_{(2,1)}^{(N-1)} \\ S_{(1,2)}^{(N-1)} & S_{(2,2)}^{(N-1)} \end{bmatrix} + 2^0 \begin{bmatrix} E(a)^{(N-1)} & E(c)^{(N-1)} \\ E(d)^{(N-1)} & E(b)^{(N-1)} \end{bmatrix}_{(1,1)}$$

$$S_{(u,v)}^{(N-1)} = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^{(N-2)} & S_{(2,1)}^{(N-2)} \\ S_{(1,2)}^{(N-2)} & S_{(2,2)}^{(N-2)} \end{bmatrix} + 2^2 \begin{bmatrix} E(a)^{(N-2)} & E(c)^{(N-2)} \\ E(d)^{(N-2)} & E(b)^{(N-2)} \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

...

$$S_{(u,v)}^2 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^1 & S_{(2,1)}^1 \\ S_{(1,2)}^1 & S_{(2,2)}^1 \end{bmatrix} + 2^{2(N-2)} \begin{bmatrix} E(a)^1 & E(c)^1 \\ E(d)^1 & E(b)^1 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^1 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^0 & S_{(2,1)}^0 \\ S_{(1,2)}^0 & S_{(2,2)}^0 \end{bmatrix} + 2^{2(N-1)} \begin{bmatrix} E(a)^0 & E(c)^0 \\ E(d)^0 & E(b)^0 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^0 = 0$$

$E(a)^{(n-1)}, E(b)^{(n-1)}, E(c)^{(n-1)}, E(d)^{(n-1)}$: n が $1 \sim N$ の時、すべての成分がそれ
 ぞれ a, b, c, d である $2^{(n-1)}$ 次の正方マトリクス

a, b, c, d : $0 \sim 3$ のいずれか 1 つの値をとる互いに異なる整数であり、各座標

(u, v) における係数マトリクス $\begin{bmatrix} E(a)^{n-1} & E(c)^{n-1} \\ E(d)^{n-1} & E(b)^{n-1} \end{bmatrix}_{(u,v)}$ において a, b, c, d の値が

任意 (ランダム) に設定される

【0095】D. 実施例の閾値マトリクスによる効果：
 図 8 は、図 1 (c) に示す 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ と、図 6 に示す 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ と、
 0 ~ 63 の閾値を単にランダムに配置した 8×8 マトリクスとを比較して示す図である。この実施例では、画像
 データ ID と閾値 TD との関係に応じて、次のような不
 等式 (1 a), (1 b) により各スポット (マトリクス
 内の 1 単位) のオン/オフが決定される。

画像データ $ID > \text{閾値 } TD$: オン (黒) ... (1 a)

画像データ $ID \leq \text{閾値 } TD$: オフ (白) ... (1 b)

【0096】図 8 (d), (e), (f) は、図 8

(a), (b), (c) の 3 つのマトリクスに対して一
 様な画像データ $ID = 32$ (濃度が 50%) を適用した
 場合のオン/オフのパターンであり、閾値が 32 未満の
 スポットは黒化されている。図 8 (d) に示すように、
 基本マトリクス BM を使用した場合には、格子状の規則
 的な模様が発生していることが解る。このように、基本
 マトリクス BM を使用した場合には、ほぼ様な濃度の
 画像領域において、画像の内容とは関係の無い規則的な
 模様が発生し易い傾向にある。一方、この発明の実施例
 による 8×8 閾値マトリクス TM を使用した場合、およ
 び、完全にランダムなマトリクスを使用した場合には、
 規則的な模様は発生していない。ところで、実施例によ
 る 8×8 閾値マトリクス TM を使用した場合には、連続

する黒画素の部分（黒部分）が 2×2 を越える大きさを有していないのに対して、完全にランダムなマトリクスを使用した場合には、 2×3 または 3×2 以上の大きなサイズの黒部分が生じている。従って、実施例による 8×8 閾値マトリクス TM （図 8（b））は、完全にランダムなマトリクス（図 8（c））に比べて空間周波数が高いことが解る。

【0097】図 8（e）、（f）の 2 つのパターンを肉眼で比較すると、異なる濃度の画像として観察される。実施例による 8×8 閾値マトリクス TM では画像データ 10 ID にほぼ比例して黒部分のサイズが増大して行くのに対して、完全にランダムなマトリクスでは黒部分のサイズが必ずしも画像データ ID に比例しない傾向にある。*

$CM^n = \begin{bmatrix} E(a)^{n-1} & E(c)^{n-1} \\ E(d)^{n-1} & E(b)^{n-1} \end{bmatrix}$ は次の 8 つの対角パターンのいずれか 1 つ

$$\begin{bmatrix} E(0)^{n-1} & E(2)^{n-1} \\ E(3)^{n-1} & E(1)^{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} E(0)^{n-1} & E(3)^{n-1} \\ E(2)^{n-1} & E(1)^{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} E(2)^{n-1} & E(0)^{n-1} \\ E(1)^{n-1} & E(3)^{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} E(3)^{n-1} & E(0)^{n-1} \\ E(1)^{n-1} & E(2)^{n-1} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} E(1)^{n-1} & E(2)^{n-1} \\ E(3)^{n-1} & E(0)^{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} E(1)^{n-1} & E(3)^{n-1} \\ E(2)^{n-1} & E(0)^{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} E(2)^{n-1} & E(1)^{n-1} \\ E(0)^{n-1} & E(3)^{n-1} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} E(3)^{n-1} & E(1)^{n-1} \\ E(0)^{n-1} & E(2)^{n-1} \end{bmatrix}$$

ただし、 $E(0)^{n-1}, E(1)^{n-1}, E(2)^{n-1}, E(3)^{n-1}$ はそれぞれすべての成分が 0, 1, 2, 3 の 2^{n-1} 次の正方マトリクスである。

【0099】E. 実施例による他の閾値マトリクス：上記実施例では、 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ を生成したが、閾値マトリクスとしては、一般に、 $1/2$ ずつに分割した時に最終的に 2×2 に分割することのできるマトリクス、すなわち、 2^N 次の任意の正方マトリクス（ N は整数）を使用することが好ましい。具体的には、 16×16 や 32×32 などが実際の閾値マトリクスである。

【0100】図 9 は、実施例による 16×16 閾値マトリクス $TM_{16 \times 16}$ の一例を示す図である。但し、図 9 の例では図示の便宜上、 2×2 サブマトリクス内の閾値の関連性や、 4×4 サブマトリクス内の閾値の関連性を把握し易いように、閾値を 16 進数で表記している。閾値は 0～255 の範囲の値を有する 8 ビットのデータで表わされるが、図 9 から解るように、各 4×4 サブマトリクス内の 4 つの閾値の下位 4 ビット（最下位桁）は互いに等しい。

【0101】図 10 は、図 9 に示す 16×16 閾値マトリクス $TM_{16 \times 16}$ を 4 進数で表記した図である。図 10 から解るように、 16×16 閾値マトリクス $TM_{16 \times 16}$ を 4 等分することによって得られる 4 つの 8×8 サブマトリクスを見ると、次のようなことが解る。すなわち、各 8×8 サブマトリクス内のすべての閾値は、4 進数の最下位桁（2 進数ではビット 1, 2）の値が同じであ

* 従って、実施例による 8×8 閾値マトリクス TM の方が、完全にランダムなマトリクスに比べて、中間調をより滑らかに再現できるという利点がある。このように、元の画像に含まれていない規則的な模様が発生することがなく、しかも階調再現が滑らかであるという 8×8 閾値マトリクス TM の利点は、前述した数式 15 において、 $E(a)^{n-1}, E(b)^{n-1}, E(c)^{n-1}, E(d)^{n-1}$ で構成される係数マトリクス CM^n を 8 通りの対角パターンから選択したこと起因する効果である。なお、係数マトリクス CM^n の 8 通りの対角パターンは、次の数式 16 のように表わされる。

【0098】

【数 16】

る。また、4 つの 8×8 サブマトリクス同士を比較すると、4 進数の最下位桁の値が 0～3 であり互いに異なっている。

【0102】同様に、各 8×8 サブマトリクスを 4 等分することによって得られる 4 つの 4×4 サブマトリクスを見ると、次のことが解る。すなわち、各 4×4 サブマトリクス内のすべての閾値は、4 進数の下位 2 桁（2 進数ではビット 1～4）の値が同じである。また、1 つの 8×8 サブマトリクスに含まれる 4 つの 4×4 サブマトリクス同士を比較すると、4 進数の下から 2 番目の桁（2 進数ではビット 3, 4）の値が 0～3 であり互いに異なっている。

【0103】また、各 4×4 サブマトリクスを 4 等分することによって得られる 4 つの 2×2 サブマトリクスを見ると、次のことが解る。すなわち、各 2×2 サブマトリクス内のすべての閾値は、4 進数の下位 3 桁（2 進数ではビット 1～6）の値が同じである。そして、1 つの 4×4 サブマトリクスに含まれる 4 つの 2×2 サブマトリクス同士を比較すると、4 進数の下から 3 番目の桁（2 進数ではビット 5, 6）の値が 0～3 であり互いに異なっている。なお、各 2×2 サブマトリクス内の 4 つの閾値は、4 進数の最上位桁が 0～3 であり互いに異なっている。

【0104】図 9、図 10 に示す 16×16 閾値マトリ

クス $TM_{16 \times 16}$ は、上述した数式 15 において $M=1$ * 【0 1 0 5】
6, $N=4$ と設定したものであり、次の数式 17 で表わ 【数 17】
される。

$$TM_{16 \times 16} = S_{(1,1)}^4 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^3 & S_{(2,1)}^3 \\ S_{(1,2)}^3 & S_{(2,2)}^3 \end{bmatrix} + 2^0 \begin{bmatrix} E(a)^3 & E(c)^3 \\ E(d)^3 & E(b)^3 \end{bmatrix}_{(1,1)}$$

$$S_{(u,v)}^3 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^2 & S_{(2,1)}^2 \\ S_{(1,2)}^2 & S_{(2,2)}^2 \end{bmatrix} + 2^2 \begin{bmatrix} E(a)^2 & E(c)^2 \\ E(d)^2 & E(b)^2 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^2 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^1 & S_{(2,1)}^1 \\ S_{(1,2)}^1 & S_{(2,2)}^1 \end{bmatrix} + 2^4 \begin{bmatrix} E(a)^1 & E(c)^1 \\ E(d)^1 & E(b)^1 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^1 = \begin{bmatrix} S_{(1,1)}^0 & S_{(2,1)}^0 \\ S_{(1,2)}^0 & S_{(2,2)}^0 \end{bmatrix} + 2^6 \begin{bmatrix} E(a)^0 & E(c)^0 \\ E(d)^0 & E(b)^0 \end{bmatrix}_{(u,v)}$$

$$S_{(u,v)}^0 = 0$$

$E(a)^{n-1}, E(b)^{n-1}, E(c)^{n-1}, E(d)^{n-1}$: n が 1 ~ 4 の時、すべての成分がそれぞれ
 a, b, c, d である 2^{n-1} 次の正方マトリクス

a, b, c, d : 0 ~ 3 のいずれか 1 つの値をとる互いに異なる整数であり、各座標

(u, v) における係数マトリクス $\begin{bmatrix} E(a)^{n-1} & E(c)^{n-1} \\ E(d)^{n-1} & E(b)^{n-1} \end{bmatrix}_{(u,v)}$ において a, b, c, d の値が

任意 (ランダム) に設定される

【0 1 0 6】なお、図 10 に示す閾値マトリクス $TM_{16 \times 16}$ では、数式 17 において、 16×16 マトリクス S^4 の 1 つの係数マトリクス CM^4 ($E(a)^3, E(b)^3, E(c)^3, E(d)^3$ のマトリクス) は、成分 a, b, c, d の値の 24 通りのパターンの中からランダムに 1 つ選択したもので、 $(a, b, c, d) = (2, 1, 0, 3)$ の組み合わせである。また、各 8×8 サブマトリクス S^3 内の 4 つの係数マトリクス CM^3 ($E(a)^2, E(b)^2, E(c)^2, E(d)^2$ のマトリクス) は、成分 a, b, c, d の値の 8 通りの対角パターンの中からランダムに選択したものである。各 4×4 サブマトリクス S^2 内の 16 個係数マトリクス CM^2 ($E(a)^1, E(b)^1, E(c)^1, E(d)^1$ のマトリクス) は、いずれも成分 a, b, c, d の値をそれぞれ 0, 1, 3, 2 に設定している。さらに、各 2×2 基本サブマトリクス S^1 内の 64 個の係数マトリクス CM^1 ($E(a)^0, E(b)^0, E(c)^0, E(d)^0$ のマトリクス) は、成分 a, b, c, d の値の 8 通りの対角パターンの中からランダムに選択している。このように、漸化式で表わされる多段階のマトリクス構造の中のいくつかの段階においてのみ、成分 a, b, c, d の値のパターンをランダムに設定し、他の段

階では成分 a, b, c, d の値のパターンを固定することが可能である。また、成分 a, b, c, d の値のパターンをランダムに設定する場合にも、8 通りの対角パターンからランダムに選択することも可能であり、また、24 通りのパターンからランダムに選択することも可能である。

【0 1 0 7】ところで、数式 17 もから解るように、係数マトリクス CM^4 ($E(a)^3, E(b)^3, E(c)^3, E(d)^3$) は、8 ビットの閾値の下位第 1、第 2 ビットの値を決定している (図 10 参照)。同様に、係数マトリクス CM^3 ($E(a)^2, E(b)^2, E(c)^2, E(d)^2$) は、閾値の下位第 3、第 4 ビットの値を決定し、係数マトリクス CM^2 ($E(a)^1, E(b)^1, E(c)^1, E(d)^1$) の値は下位第 5、第 6 ビットの値を、係数マトリクス CM^1 ($E(a)^0, E(b)^0, E(c)^0, E(d)^0$) は下位第 7、第 8 ビット (上位第 2、第 1 ビット) の値をそれぞれ決定している。

【0 1 0 8】これを、一般式である数式 15 に当てはめると、係数マトリクス CM^n ($E(a)^{n-1}, E(b)^{n-1}, E(c)^{n-1}, E(d)^{n-1}$) は、 $2N$ ビットの閾値のうちの低位から $\{2(N-n)+1\}$ 番目のビッ

トと $\{2(N-n)+2\}$ 番目のビットを決定していることが解る。このように、数式 15 の漸化式における係数マトリクス CM^n $\{E(a)^{n-1}, E(b)^{n-1}, E(c)^{n-1}, E(d)^{n-1}\}$ は、 $2N$ ビットの閾値のうちの 2 ビットの値をそれぞれ決定しているものと考えることができる。

【0109】F. 閾値マトリクスの組み合わせ：1つの $M \times M$ 閾値マトリクスを主走査方向および副走査方向に繰り返し適用して 2 値化を行なうと、原画像には存在しない $M \times M$ 閾値マトリクス特有の繰り返しパターンが 2 値化画像に現われる可能性がある。そこで、このような繰り返しパターンの発生を防止するために、複数の $M \times M$ 閾値マトリクスで構成される $L1 \times L2$ 閾値マトリクス ($L1, L2$ は M の整数倍の整数) を作成して使用するのが实际的である。なお、この際、複数の $M \times M$ 閾値マトリクスはそれぞれ異なる閾値分布を有するように作成される。例えば、256 個の異なる 16×16 閾値マトリクスを準備し、16 行 16 列に配置することによって 256×256 閾値マトリクスを生成することができる。

【0110】 $M \times M$ 閾値マトリクスを前述の数式 15 で表わした場合において、漸化式 S^n の少なくとも 1 つの段階において、係数マトリクス CM^n の成分 a, b, c, d の値のパターンを所定の複数のパターンの中からランダムに選択するようにすれば、 $L1 \times L2$ 閾値マトリクスを構成する複数の $M \times M$ 閾値マトリクスとして、互いに異なる閾値分布を作成することができる。

【0111】従って、このような $L1 \times L2$ 閾値マトリクスを用いてほぼ様な濃度の画像データを 2 値化すれば、 $L1 \times L2$ 閾値マトリクス内において規則的なパターンが出現しにくいという特徴がある。この場合、 $256 \times$

$$TT = \frac{M \times M}{N_M} \times \alpha + \beta$$

N_M は、 $L1 \times L2$ 閾値マトリクスの個数。

α, β は、 $0 \leq \alpha, \beta < N_M$ の条件下の整数で、かつ乱数である (α は、同じ値を 1 回のみ使用可)。

【0115】但し、数式 18 で計算した結果が $(M^2 - 1)$ になった場合には、 α と β の内の少なくとも一方を再設定する。このように、乱数を用いて閾値の最大値の置換値 TT を設定するようにすれば、置換値 TT が $0 \sim (M^2 - 2)$ の範囲においてランダムに分布するので、画像データの $0 \sim (M^2 - 1)$ の階調を滑らかに再現できる。

【0116】なお、スポットのオン/オフの決定に際して、次のような不等式 (2a), (2b) を採用した場合は、閾値の最小値 (=0) を $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲の値に置き換えればよい。

画像データ $ID \geq$ 閾値 TD : オン (黒) ... (2a)

画像データ $ID <$ 閾値 TD : オフ (白) ... (2b)

* 6 個の 16×16 閾値マトリクスの全てを互いに異なる閾値分布とする代わりに、部分的に同じ閾値分布を有する 16×16 閾値マトリクス複数個を隔離配置またはランダム配置して使用するようにしてもよい。

【0112】ところで、多階調画像データが $2N$ ビット (N は $2^n = M$ とする整数) のデジタルデータである場合には、その多階調画像データは $M \times M$ 階調を有する。

この場合に、前述の不等式 (1a), (1b) を採用したとき多階調画像データのすべての階調を再現するためには、各 $M \times M$ 閾値マトリクス内における閾値の最大値 ($M^2 - 1$) を $0 \sim (M^2 - 2)$ の範囲の値に置き換えればよい。例えば、 16×16 閾値マトリクスにおいて閾値の範囲を $0 \sim 254$ とすれば、8 ビットの多階調画像データの範囲は $0 \sim 255$ なので、両者の比較によって 256 階調が再現できる。なお、このように $2N$ ビットデータの最大値 ($M^2 - 1$) を $0 \sim (M^2 - 2)$ の範囲の値で置換した $M \times M$ 閾値マトリクスでは、 $0 \sim (M^2 - 2)$ の範囲の閾値が少なくとも 1 回出現し、1 つの閾値は 2 回出現する (換言すると、前記範囲の閾値のうちのいずれかが 1 つだけが 2 回出現し、他の閾値は全て 1 回出現する) 閾値分布を有する。

【0113】複数の $M \times M$ 閾値マトリクスを配列して $L1 \times L2$ 閾値マトリクスを構成する場合には、 $L1 \times L2$ 閾値マトリクス全体として階調を滑らかに再現できるような閾値分布を有することが望ましい。このために、各 $M \times M$ 閾値マトリクス内の閾値の最大値 ($M^2 - 1$) を、 $0 \sim (M^2 - 2)$ の範囲の値からランダムに選択された値に置き換えるようにする。この時、次の数式 18 に従って置換値 TT を決定できる。

【0114】

【数 18】

b)

【0117】G. 複数の色成分に対する閾値マトリクスの作成：カラー画像を再現する場合には、多階調画像データの複数の色成分ごとに 2 値化を行なう必要がある。上述の閾値マトリクスを用いたカラー画像データの 2 値化方法としては、以下に示すようないくつかの方法が考えられる。

【0118】第 1 の方法は、上述のような $L1 \times L2$ 閾値マトリクスをカラー画像データの各色成分毎にそれぞれ別個に生成する方法である。上述したように、閾値の配列はランダムに行なわれるので、各色成分のための $L1 \times L2$ 閾値マトリクスは互いに異なる閾値分布を有することになる。従って、複数の色版を刷り重ねた場合にもモアレやロゼットパターンが発生しないという利点がある。

ある。

【0119】第2の方法は、1つの $L1 \times L2$ 閾値マトリクスのみを準備し、2値化の際に、各色成分に適用する $L1 \times L2$ 閾値マトリクスのオフセットアドレスをそれぞれ異なる値に設定する方法である。図11は、この第2の方法を示す説明図である。ここでは、カラー画像データが、Y（イエロー）、M（マゼンタ）、C（シアン）、K（ブラック）の4つの色成分で構成されている例において、画像平面の原点Oに対する各色成分のオフセットアドレスOY、OM、OC、OKを示している。10
「 256×256 」と記載されているブロックが、1つの $L1 \times L2$ 閾値マトリクスに相当し、画像平面上にはこの $L1 \times L2$ 閾値マトリクスが繰り返し適用される。Y成分のオフセットアドレスOY（ X_Y 、 Y_Y ）は（0、0）である。また、M成分のオフセットアドレスOM（ X_M 、 Y_M ）、C成分のオフセットアドレスOC（ X_C 、 Y_C ）、K成分のオフセットアドレスOK（ X_K 、 Y_K ）は互いに異なる値に設定されている。これらのオフセットアドレスは、 $L1 \times L2$ 閾値マトリクスを構成する $M \times M$ 閾値マトリクスの一辺のサイズMの整数倍とすることが望ましいが、これ以外の任意の整数に設定することが可能である。20

【0120】このように、各色成分毎に異なるオフセットアドレスを適用すれば、1つの $L1 \times L2$ 閾値マトリクスをメモリに記憶しておくだけで、各色成分の閾値分布を互いに異なるものとするのが可能である。従って、複数の色版を刷り重ねた場合にもモアレやロゼットパターンが発生しないという利点がある。さらに、この第2の方法では、1つの $L1 \times L2$ 閾値マトリクスをメモリに記憶しておくだけでよいので、閾値マトリクスを作成する手間が少なく、かつ、メモリ容量を節約できるという利点もある。30

【0121】なお、1つの $L1 \times L2$ 閾値マトリクスと複数のオフセットアドレスを記憶しておく代わりに、図11（a）～（d）に斜線を付した閾値マトリクス（すなわち、色成分毎のオフセットアドレスに応じて同じ $L1 \times L2$ 閾値マトリクスの書き込みアドレスをずらした各色成分毎の閾値マトリクス）を予め準備するようにしてもよい。この場合にはメモリ容量の節約はできないが、閾値マトリクスを作成する手間は少なく済むという利点がある。40

【0122】H. 座標位置に応じた閾値の調整：閾値マトリクスの繰り返しに起因する特定のパターンが2値化画像に現われないようにするためには、閾値マトリクスのサイズ $L1 \times L2$ をできるだけ大きくすることが望ましい。一方、メモリ容量の節約の観点からは、閾値マトリクスのサイズ $L1 \times L2$ をできるだけ小さくすることが望ましい。これらの相反する2つの要求は、メモリに記憶する閾値マトリクスのサイズ $L1 \times L2$ をできるだけ小さくしつつ、画像平面上の座標位置に応じてメモリ50

から読み出される閾値を調整することによって満足させることが可能である。

【0123】画像平面上の座標位置に応じてメモリから読み出される閾値を調整する方法としては、次の3つの方法が考えられる。

（a）座標位置毎に異なるオフセットアドレスをメモリに与える方法。

（b）メモリから読み出された閾値と、座標位置毎に異なる被演算値とから、所定の算術演算（加算、減算等）を実行し、この結果得られた値を新たな閾値とする方法。

（c）メモリから読み出された閾値に対して、座標位置毎に異なる所定のビットを反転する方法。

【0124】図12は、上述の（a）の方法を示す説明図である。図12（a）は、 16×16 閾値マトリクスを主走査方向（Y方向）にのみ16個並べた 16×256 閾値マトリクスを斜線部で示している。この 16×256 閾値マトリクスに含まれる16個の 16×16 閾値マトリクスは、互いに異なる閾値分布を有している。このような閾値マトリクスを利用する場合には、図12

（b）に示すように、主走査方向のオフセットアドレスの1次元配列（ Y_1 、 Y_2 、… Y_m ）の各値を副走査方向Xに沿ってランダムに設定することによって、 16×256 閾値マトリクス特有のパターンが2値化画像に現われるのを防止することができる。なお、このmの値を16に設定することによって、 256×256 閾値マトリクスを疑似的に表現できる。

【0125】1つの閾値を8ビット＝1バイトで表わす場合には、 256×256 閾値マトリクスを記憶するためのメモリ容量は64Kバイトになるが、 16×256 閾値マトリクスではこれが4Kバイトですむ。従って、 16×256 閾値マトリクスを使用すれば、 256×256 閾値マトリクスを使用する場合に比べてメモリ容量が大幅に節約できる。60

【0126】図12（a）、（b）の例において、カラー画像データを再現する場合には、各色版毎に対して、互いに異なるオフセットアドレスの1次元配列（ Y_1 、 Y_2 、… Y_m ）を設定すればよい。この場合において、少なくとも同一の走査線上に適用される各色成分のオフセットアドレスを互いに異なる値となるようにすることが望ましい。こうすれば、複数の色成分の2値化画像が完全に重なり合うことがないので、色ずれが生じるのを防止できるという利点がある。

【0127】I. 装置の構成：図13は、前述した図11の閾値マトリクスを利用する画像記録装置の構成を示すブロック図である。この画像記録装置は、多階調画像データIDを記憶する画像メモリ20と、 $L1 \times L2$ 閾値マトリクスを記憶する閾値マトリクスメモリ30と、多階調画像データIDと閾値TDとを比較して2値の記録信号RSを生成する比較器40と、記録信号RSに従

41

って2値化画像を記録する出力装置50とを備えている。この画像記録装置はまた、画像メモリ20の読出しアドレスを生成するための回路として、クロック発生器21、22と、分周回路23、24と、アドレスカウンタ25、26とを備えている。さらに、閾値マトリクスメモリ30の読出しアドレスを生成するための回路として、オフセットアドレスメモリ31、32と、リングカウンタ33、34とを備えている。なお、画像メモリ20と、オフセットアドレスメモリ31、32には、複数の色成分のいずれか1つを示す色成分指定信号Scが、図示しないコントローラ(例えばCPU)から与えられている。

【0128】主走査クロック発生器21は、記録信号RSの1スポットに相当する周期を有する主走査基準クロック信号RCLyを発生し、副走査クロック発生器22は、記録信号RSの1主走査線に相当する周期を有する副走査基準クロック信号RCLxを発生する。

【0129】走査開始信号STが発生すると、リングカウンタ33、34は、それぞれ主走査オフセットアドレスメモリ31と副走査オフセットアドレスメモリ32からのデータ(オフセットアドレスデータ)をカウンタの初期値(プリセット値)としてロードする。主走査オフセットアドレスメモリ31と副走査オフセットアドレスメモリ32は、4つの色成分に対するオフセットアドレスデータをそれぞれ記憶しており、2ビットの色成分信号Scに応じて4種類の異なるオフセットアドレスを出力する。色成分毎のオフセットアドレスは、例えば図11(a)~(d)にそれぞれ示すオフセットアドレスOY、OM、OC、OKである。

【0130】リングカウンタ33は、主走査オフセットアドレスメモリ31からのオフセットアドレスデータOFyを初期値として、主走査基準クロック信号RCLyのパルス数をカウントするL2進のリングカウンタである。また、リングカウンタ34は、副走査オフセットアドレスメモリ32からのオフセットアドレスデータOFxを初期値として、副走査基準クロック信号RCLxのパルス数をカウントするL1進のリングカウンタである。これらのリングカウンタ33、34からの出力がそれぞれ、閾値マトリクスメモリ30の主走査アドレス、副走査アドレスとなり、このアドレスにより指定された閾値が読み出される。なお、閾値マトリクスメモリ30には、例えば図11に「256×256」と記された1ブロックの閾値マトリクスが記憶されている。

【0131】一方、画像メモリ20のアドレスは次のように生成される。分周回路23、24は、主走査基準クロック信号RCLyと副走査基準クロック信号RCLxをそれぞれ1/Mに分周し、この分周したクロックCLy、CLxがそれぞれアドレスカウンタ25、26に入力される。アドレスカウンタ25、26は、クロックCLy、CLxのパルス数をカウントし、そのカウント値

42

をアドレスADy、ADxとして出力する。なお、分周回路23、24の分周比は、それぞれ画像データIDの1画素に対応する閾値の副走査方向の個数、主走査方向の個数に基づき決定される値で、その副走査方向、主走査方向の個数をそれぞれMx、Myとすると、分周回路24、23の分周比はそれぞれ1/Mx、1/Myとなる。また、画像データの1画素がM×M個の閾値に対応する時には、分周回路23、24の分周比は、共に1/Mに設定される。

10 【0132】閾値マトリクスメモリ30に記憶された閾値TDは、リングカウンタ33、34から与えられるアドレスに応じて読出され、比較器40によって多階調画像データIDと比較される。比較器40は、比較結果に応じて各スポットのオン/オフを示す記録信号RSを生成して出力装置50に供給する。出力装置50は例えば製版用の記録スキャナであり、感光フィルムなどの記録媒体上に各色成分の2値化画像を記録する。このようにして作成された各色成分の2値化画像にはそれぞれ規則的なパターンが目立たず、かつ、これらの2値化画像を

20 塗り重ねて得られるカラー画像にはモアレやロゼットパターンなどの干渉模様も発生しないという特徴がある。

【0133】図14は、座標位置に応じて閾値マトリクスメモリ30のオフセットアドレスを変更する回路を備えた画像記録装置の構成を示すブロック図である。図13との違いは、図13における2つのオフセットアドレスメモリ31、32の代わりに、乱数発生器61、62が設けられている点と、OR回路63、64によって得られる走査開始信号STと副走査方向クロックCLxとの論理和がリングカウンタ31、32のロード端子に与えられている点にある。

30 【0134】乱数発生器61、62で生成された乱数は、副走査クロックCLxに同期して、リングカウンタ31、32の初期値(すなわち、アドレスのオフセット)としてそれぞれロードされる。この結果、画像データIDの1主走査線分の2値化が終了するたび、すなわち画像信号IDの副走査一周毎に、閾値マトリクスメモリ30の主走査アドレスと副走査アドレスのオフセットアドレスが乱数によって与えられる。換言すれば、画像内の副走査座標位置ごとに異なるオフセットアドレスによって閾値マトリクスメモリ30から閾値が読み出される。

40 【0135】図15は、座標位置に応じて閾値マトリクスメモリ30のオフセットアドレスを変更する回路を備えた画像記録装置の他の構成を示すブロック図である。図14との違いは、L1進カウンタ66で副走査基準クロック信号RCLxのパルス数をカウントし、そのキャリ信号をOR回路63、64に与えている点にある。こうすれば、閾値マトリクスメモリ30に記憶されたL1×L2閾値マトリクスが副走査方向の幅L1だけ使用された時点でオフセットアドレスが変更される。前述した

50

図 1 2 (b) に示すようなオフセットアドレスの分布は、図 1 5 の装置において、副走査方向のオフセットアドレス発生器としての乱数発生器 6 2 を省略し、リングカウンタ 3 4 の初期値を常に 0 に設定することによって実現される。

【0136】図 1 4 と図 1 5 との差異は、リングカウンタ 3 3, 3 4 にオフセットアドレスデータとしての乱数をロードするタイミングが異なる点にある。リングカウンタ 3 3, 3 4 にオフセットアドレスデータをロードするタイミングは、図 1 4 や図 1 5 の例以外のものに設定することも可能であり、例えば、任意（ランダム）なタイミングでもよい。

【0137】図 1 6 は、座標位置に応じた値を閾値に加算する画像記録装置の構成を示すブロック図である。図 1 3 との差異は、図 1 3 に示す 2 つのオフセットアドレスメモリ 3 1, 3 2 を省略して、加算器 7 0 と、2 つのラインメモリ 7 1, 7 2 を含むラインメモリユニット 7 3 と、乱数発生器 7 4 を追加した点にある。

【0138】ラインメモリユニット 7 3 の一方には、乱数発生器 7 4 より発生した乱数が $L2$ 進リングカウンタ 3 3 のキャリ信号 CR_y に同期して書き込まれる。一方、他方のラインメモリからは同じく $L2$ 進リングカウンタ 3 3 のキャリ信号 CR_y に基づいて記憶されていた乱数が順次出力されて、加算器 7 0 に与えられる。加算器 7 0 は、ラインメモリユニット 7 3 から与えられた乱数（被加算値）と、閾値マトリクスメモリ 3 0 から読み出された閾値とを加算して比較器 4 0 に与えている。なお、2 つのラインメモリ 7 1, 7 2 は、副走査方向のリングカウンタ 3 4 のキャリ信号 CR_x に同期して交互にかつ相補的に切換えられる。従って、ラインメモリユニット 7 3 の一方のラインメモリ（例えば 7 1）からキャリ信号 CR_y に同期して順次 RA_y 個の乱数が出力される。この同じ乱数列の出力はさらに $(L1 - 1)$ 回繰り返される。続いて、キャリ信号 CR_x の発生に基づいてラインメモリ 7 1, 7 2 は相補的に切り換えられ、同様に他方のラインメモリ（例えば 7 2）からもキャリ信号 CR_y に同期して順次 RA_y 個の乱数が出力され、この同じ乱数列の出力はさらに $(L1 - 1)$ 回繰り返される。なお、この加算器 7 0 は、閾値の有効ビット外は無視して加算を行なうもので、例えば閾値の有効ビットが 8 で、閾値が 250、被加算値が 9 のときは、新たな閾値 TD は $3 (= 250 + 9 - 2^8)$ となる。

【0139】図 1 6 の装置では、次のような効果がある。

(1) 座標位置に応じて異なる被加算値を閾値に加算するので、閾値マトリクスメモリ 3 0 に記憶されている閾値パターンとは異なる閾値パターンを座標位置ごとに生成できる。

(2) 2 本のラインメモリ 7 1, 7 2 は、画像データ ID の 1 主走査分に相当する、すなわち記録信号 RS の主

走査方向の画素数を $L2$ で除した値に相当する個数 (RA_y 個) を有する乱数列をそれぞれ記憶しており、また、閾値マトリクスの副走査方向の幅 $L1$ 毎に相補的に切換えられるので、閾値マトリクスの副走査方向の幅 $L1$ と主走査方向の幅 $L2$ とで構成される矩形のブロック領域内では、同じ乱数（被加算値）が発生する。従って、閾値マトリクスが部分的に使用されることがなく、閾値マトリクスの全体から閾値が読み出されるので、2 値化画像において正確な階調値を表現できる。

【0140】なお、閾値マトリクスメモリ 3 0 に記憶される閾値が $M \times M$ の場合は、リングカウンタ 3 3, 3 4 を共に M 進のリングカウンタに変更するとともに、2 つのラインメモリ 7 1, 7 2 の切換えタイミングを指示する信号として副走査クロック信号 CL_x を、ラインメモリユニット 7 3 のアドレス端子に与えるクロック信号として主走査クロック信号 CL_y を用いればよい。この場合は、画像信号 ID の 1 画素単位で被加算値が変更される。

【0141】ところで、前述したように、多階調画像データが $2N$ ビット (N は $2^k = M$ とする整数) のデジタルデータである場合には、多階調画像データのすべての階調を再現するために、閾値マトリクス内の閾値を $0 \sim (M^2 - 2)$ の範囲にすることが好ましい。ところが、図 1 6 の装置において、加算器 7 0 が単純な加算を行なうと、閾値が $(M^2 - 1)$ となってしまう可能性がある。そこで、加算器 7 0 は、 $2N$ ビットで表記された加算結果に桁上げが生じたか否かを判断し、桁上げが生じていない値から 1 をそれぞれ減算することによって、閾値が $(M^2 - 1)$ にならないようにする機能を有している。

【0142】図 1 7 は、加算器 7 0 による演算結果の一例を示す説明図である。ここでは図 1 7 (A) に示す 4×4 閾値マトリクスが閾値マトリクスメモリ 3 0 に記憶されているものと仮定する。これらの閾値に単純に 5 を加算すると、図 1 7 (B) に示す閾値が得られる。図 1 7 (B) において、丸で囲んだ数値は 4 ビットの 2 進数で桁上げが生じなかった値である。 4×4 閾値マトリクスの閾値として好ましい範囲は $0 \sim 14$ であるのに対して、図 1 7 (B) では、値が 15 の閾値が存在していることが解る。そこで、加算器 7 0 は、桁上げの発生していない閾値からそれぞれ 1 を減算することによって、図 1 7 (C) に示すような結果を出力する。こうすれば、閾値を元の通り $0 \sim 14$ の範囲に納めることができる。

【0143】なお、前述のように、閾値マトリクス内の閾値を $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲に設定した場合については、被加算値を加算し、その結果、最上位ビットの桁上げがあったものに 1 加算することにより、閾値の範囲を $1 \sim (M^2 - 1)$ の範囲で維持することができる。

【0144】図 1 8 は、座標位置に応じて閾値のビットを反転する画像記録装置の構成を示すブロック図であ

る。図 16 との差異は、加算器 70 をビット反転ユニット 80 で置き換えた点にある。ビット反転ユニット 80 は、8 個の EXOR 回路を含んでいる。各 EXOR 回路の一方の入力端子には閾値マトリクスメモリ 30 から読み出された 8 ビットの閾値の各ビットが入力されており、他方の入力端子にはラインメモリユニット 73 から出力された 8 ビットの値の各ビットが入力されている。ラインメモリユニット 73 の出力のビットが H レベルの場合には、これに相当する閾値のビットが反転して出力され、逆に、ラインメモリユニット 73 の出力のビットが L レベルの場合には、これに相当する閾値のビットがそのまま出力される。すなわち、ラインメモリユニット 73 の出力は、閾値と論理演算が行なわれる被演算値として使用されている。この結果、ラインメモリユニット 73 の出力の各ビットのレベルに応じて閾値のいくつかのビットが反転する。

【0145】図 19 は、 8×8 閾値マトリクスと、その閾値のいくつかのビットを反転して得られる数種類の閾値マトリクスの例を示す説明図である。図 18 の装置では、座標位置に応じて閾値のいくつかのビットが反転するので、座標位置に応じたランダムな閾値を使用して 2 値化を行なうことができる。

【0146】なお、この発明は上記実施例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【0147】(1) 上記実施例では、閾値のマトリクス構造を M 次 (M は 2^n の整数) の正方マトリクスであるとしていたが、 $M_1 \times M_2$ 閾値マトリクス (M_1, M_2 は偶数) を利用することも可能である。この場合にも、 $M_1 \times M_2$ 閾値マトリクス内の各 2×2 サブマトリクス内の閾値の配列を、8 通りの対角パターンの中からランダムに選択することが好ましい。

【0148】さらに、一般的に言えば、閾値マトリクスを分割した最小単位のサブマトリクスは 2×2 に限らず、 3×3 や 5×5 などの任意の素数のサイズのマトリクスでよい。この場合にも、閾値マトリクス領域は、互いに等しいサイズの複数のサブマトリクスに分割される。そして、各サブマトリクスにおいて、複数の閾値同士の差分が所定の値に設定される。図 5 および図 6 に示す 8×8 閾値マトリクス TM は、サブマトリクスが 2×2 であり、各サブマトリクス内の閾値同士の差分が 16 である場合に相当する。

【0149】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の請求項 1 に記載された方法によれば、各サブマトリクス内の複数の閾値をランダムに配置するので、従来の網点のための閾値マトリクスに比べて閾値分布の空間周波数を高くすることができるので、このような閾値マトリクスを用いて 2 値化を行えば、従来の網点による技術に比べて画

像内のシャープなエッジを良好に再現することができるという効果がある。

【0150】請求項 2 および 4 ないし 7 に記載した方法によれば、閾値分布の空間周波数をより高くすることができるという効果がある。

【0151】請求項 3 および 8 に記載された方法では、2 値化画像のほぼ同一濃度の領域において、閾値マトリクスの繰り返しに起因する規則的なパターンを目立ち難くすることができるという効果がある。

【0152】請求項 9 および 10 に記載された方法によれば、多階調画像データが M^2 階調を有するデジタルデータである場合に、多階調画像データのすべての階調を $M \times M$ 閾値マトリクスによって再現することができるという効果がある。

【0153】請求項 11 に記載された方法によれば、複数の $M \times M$ 閾値マトリクス全体として M^2 階調を滑らかに再現することができるという効果がある。

【0154】請求項 12 に記載された方法および請求項 18 に記載された装置によれば、従来に比べて閾値マトリクス内の閾値分布の空間周波数が高いので、画像内のシャープなエッジを良好に再現することができるという効果がある。

【0155】請求項 13 ないし 16 に記載された方法、並びに、請求項 19 ないし 21 に記載された装置によれば、カラー印刷物を再現する場合にもモアレやロゼットパターンなどの干渉模様の発生を十分に防止することができるという効果がある。

【0156】請求項 17 に記載された方法および請求項 22 に記載された装置によれば、複数の色成分の 2 値化画像が同じパターンを有することがないので、色ずれの発生を防止できるという効果がある。

【0157】請求項 23 ないし 28 に記載された方法および請求項 29 ないし 34 に記載された装置によれば、1 つの閾値マトリクスを用いて、座標位置毎に異なる閾値パターンを発生させることができる。

【0158】特に、請求項 24 に記載された方法および請求項 30 に記載された装置によれば、1 つの閾値マトリクスを用いて、副走査方向の所定の周期毎に異なる閾値パターンを発生させることができる。

【0159】また、特に、請求項 27 に記載された方法および請求項 33 に記載された装置によれば、加算後の閾値を $0 \sim (M^2 - 2)$ に納めることができるので、2 値化画像において多階調画像データのすべての階調を再現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の一実施例において作成される閾値マトリクスの基本マトリクス BM を示す平面図。

【図 2】 4×4 基本マトリクス BM を構成する 2×2 サブマトリクスを示す平面図。

【図 3】 2×2 サブマトリクスの閾値配列の 8 通りの対

角パターンを示す説明図。

【図 4】 2×2 サブマトリクス T_{11} に 8 通りの対角パターンをそれぞれ適用した場合に得られる 8 つのマトリクスを示す説明図。

【図 5】係数マトリクス CM を 8 通りの対角パターンの内からランダムに選択することによって得られた 2×2 サブマトリクス T_{ij} を示す平面図。

【図 6】図 5 の 2×2 サブマトリクス T_{ij} で構成される 8×8 閾値マトリクスを示す平面図。

【図 7】図 6 で示された 8×8 閾値マトリクスの各グループ内の 2×2 サブマトリクスをランダムに配置した 2×2 サブマトリクス T_{ij} を示す平面図。

【図 8】基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ と、 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$ と、 $0 \sim 63$ の閾値を単にランダムに配置したマトリクスとを比較して示す説明図。

【図 9】実施例による 16×16 閾値マトリクス $TM_{16 \times 16}$ の一例を 16 進数表記で示す図。

【図 10】実施例による 16×16 閾値マトリクス $TM_{16 \times 16}$ を 4 進数表記で示す図。

【図 11】閾値マトリクスのオフセットアドレスを色成分毎に変更する方法を示す説明図。

【図 12】閾値マトリクスのオフセットアドレスを座標位置毎に変更する方法を示す説明図。

【図 13】図 11 の閾値マトリクスを利用する画像記録装置の構成を示すブロック図。

【図 14】座標位置に応じて閾値マトリクスメモリ 30 のオフセットアドレスを変更する回路を備えた画像記録装置の構成を示すブロック図。

【図 15】座標位置に応じて閾値マトリクスメモリ 30 のオフセットアドレスを変更する回路を備えた画像記録装置の他の構成を示すブロック図。

【図 16】座標位置に応じた値を閾値に加算する画像記録装置の構成を示すブロック図。

【図 17】加算器 70 による演算結果の一例を示す説明図。

【図 18】座標位置に応じて閾値のビットを反転する画像記録装置の構成を示すブロック図。

【図 19】 8×8 閾値マトリクスと、その閾値のいくつかのビットを反転して得られる数種類の閾値マトリクスの例を示す説明図。

【符号の説明】

20…画像メモリ

21…主走査クロック発生器

22…副走査クロック発生器

23… $1/M$ 分周器

24… $1/M$ 分周器

25…アドレスカウンタ (主走査)

26…アドレスカウンタ (副走査)

30…閾値マトリクスメモリ

31…主走査オフセットアドレスメモリ

32…副走査オフセットアドレスメモリ

33… L_2 進リングカウンタ

34… L_1 進リングカウンタ

40…比較器

50…出力装置

61, 62…乱数発生器

63, 64…OR 回路

66… L_1 進カウンタ

70…加算器

71, 72…ラインメモリ

73…ラインメモリユニット

74…乱数発生器

80…ビット反転ユニット

AD_x …副走査アドレス

AD_y …主走査アドレス

$BM_{M \times M}$ … $M \times M$ 基本マトリクス

CL_x …副走査クロック

CL_y …主走査クロック

ID …画像データ

O …原点

OF_x …副走査オフセットアドレス

OF_y …主走査オフセットアドレス

OY, OM, OC, OK …各色成分のオフセットアドレス

RCL_x …副走査基準クロック信号

RCL_y …主走査基準クロック信号

RS …記録信号

ST …走査開始信号

Sc …色成分信号

TD …閾値

$TM_{M \times M}$ … $M \times M$ 閾値マトリクス

x …閾値マトリクス内の副走査座標

y …閾値マトリクス内の主走査座標

X …画像平面内の副走査座標

Y …画像平面内の主走査座標

【図 1】

(a) 2×2 基本マトリクス $BM_{2 \times 2}$

0	2
3	1

(b) 4×4 基本マトリクス $BM_{4 \times 4}$

0	8	2	10
12	4	14	6
3	11	1	9
15	17	13	5

【図 2】

(a) 4×4 基本マトリクス $BM_{4 \times 4}$ を分割した 2×2 マトリクス T_{ij}

	1	2		i
1	T_{11}	T_{12}		
2	T_{21}	T_{22}		
j				

【図 3】

係数マトリクス CM の好ましいパターン

(a)	(b)								
<table><tr><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>1</td></tr></table>	0	2	3	1	<table><tr><td>0</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>1</td></tr></table>	0	3	2	1
0	2								
3	1								
0	3								
2	1								
(c)	(d)								
<table><tr><td>1</td><td>2</td></tr><tr><td>3</td><td>0</td></tr></table>	1	2	3	0	<table><tr><td>1</td><td>3</td></tr><tr><td>2</td><td>0</td></tr></table>	1	3	2	0
1	2								
3	0								
1	3								
2	0								
(e)	(f)								
<table><tr><td>2</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>3</td></tr></table>	2	0	1	3	<table><tr><td>3</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>2</td></tr></table>	3	0	1	2
2	0								
1	3								
3	0								
1	2								
(g)	(h)								
<table><tr><td>2</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>3</td></tr></table>	2	1	0	3	<table><tr><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>2</td></tr></table>	3	1	0	2
2	1								
0	3								
3	1								
0	2								

(b) 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$ を分割した 2×2 マトリクス T_{ij}

	1	2	3	4	i
1	T_{11}	$G1$	$G2$		
2				$G2$	
3					
4				$G4$	
j					

(c) 8×8 基本マトリクス $BM_{8 \times 8}$

0	32	8	40	2	34	10	42
48	16	56	24	50	18	58	26
12	44	4	36	14	46	6	38
60	28	52	20	62	30	54	22
3	35	11	43	1	33	9	41
51	19	59	27	49	17	57	25
15	47	7	39	13	45	5	37
63	31	55	23	61	29	53	21

【図 6】

 8×8 閾値マトリクス $TM_{8 \times 8}$

16	48	24	56	2	34	42	26
32	0	40	8	50	18	10	58
44	28	4	52	46	14	38	22
12	60	36	20	30	62	6	54
3	35	43	11	1	49	25	41
51	19	27	59	33	17	57	9
63	31	7	55	13	45	5	53
15	47	39	23	61	29	37	21

【図 4】

好ましいパターンを有する 2×2 マトリクス T_{11}

0	32
16	48
32	16
48	0

組合せ

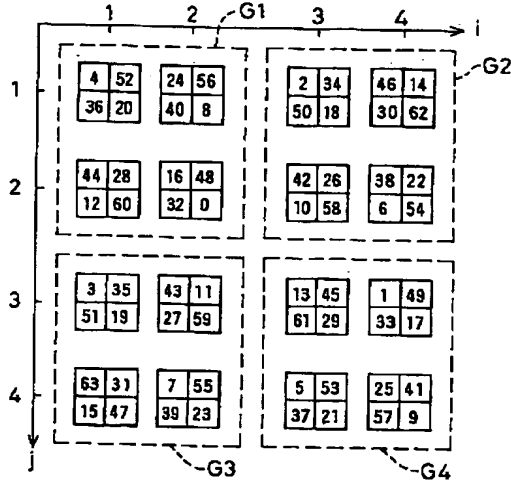
(a)	(b)								
<table><tr><td>0</td><td>32</td></tr><tr><td>48</td><td>16</td></tr></table>	0	32	48	16	<table><tr><td>0</td><td>48</td></tr><tr><td>32</td><td>16</td></tr></table>	0	48	32	16
0	32								
48	16								
0	48								
32	16								
(c)	(d)								
<table><tr><td>16</td><td>32</td></tr><tr><td>48</td><td>0</td></tr></table>	16	32	48	0	<table><tr><td>16</td><td>48</td></tr><tr><td>32</td><td>0</td></tr></table>	16	48	32	0
16	32								
48	0								
16	48								
32	0								
(e)	(f)								
<table><tr><td>32</td><td>0</td></tr><tr><td>16</td><td>48</td></tr></table>	32	0	16	48	<table><tr><td>48</td><td>0</td></tr><tr><td>16</td><td>32</td></tr></table>	48	0	16	32
32	0								
16	48								
48	0								
16	32								
(g)	(h)								
<table><tr><td>32</td><td>16</td></tr><tr><td>0</td><td>48</td></tr></table>	32	16	0	48	<table><tr><td>48</td><td>16</td></tr><tr><td>0</td><td>32</td></tr></table>	48	16	0	32
32	16								
0	48								
48	16								
0	32								

【図 5】

ランダムな係数マトリクスを用いて得られた 2×2 マトリクス T_{ij}

	1	2	3	4	i
1	T_{11}	$G1$	$G2$		
2	T_{12}	T_{21}	T_{22}	$G2$	
3					
4				$G4$	
j					

【図 7】

ランダムな係数マトリクスを用いて得られた 2×2 マトリクス T_{ij} 

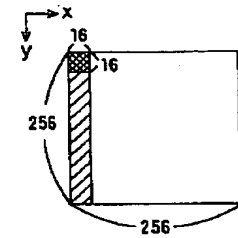
【図 9】

 16×16 閾値マトリクス $T_{M, 16 \times 16}$ (16進数表記)

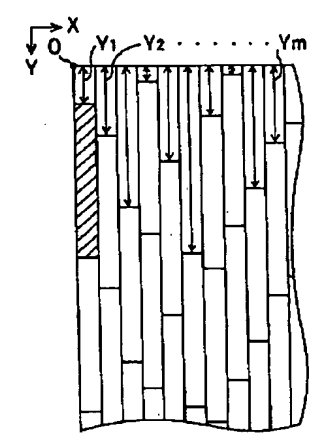
Figure 9 shows a 16x16 threshold matrix $T_{M, 16 \times 16}$ in hexadecimal notation. The matrix is a 16x16 grid of hexadecimal values.

8a	a	7a	fa	c6	46	f6	76	40	80	70	b0	8c	4c	bc	3c
4a	ca	ba	3a	6	86	36	b6	c0	0	f0	30	c	cc	7c	fc
6a	aa	9a	5a	26	a6	d6	16	60	a0	90	50	ac	2c	9c	5c
ea	2a	1a	da	e6	66	56	96	e0	20	10	d0	5c	ec	1c	dc
c2	42	b2	32	4e	ce	7e	be	48	88	78	f8	84	4	74	b4
2	82	72	f2	8e	e	fe	3e	c8	8	b8	38	44	c4	f4	34
a2	62	52	92	ae	6a	da	1e	28	a8	d8	18	a4	24	14	d4
22	e2	d2	12	2e	ee	5e	9e	e8	58	58	98	64	e4	94	54
83	3	33	b3	f	cf	ff	3f	41	c1	71	f1	8d	4d	7d	bd
43	c3	f3	73	8f	4f	7f	bf	81	1	b1	31	d	cd	fd	3d
23	a3	13	d3	6f	af	1f	df	e1	61	51	91	ad	6d	dd	5d
a3	63	53	93	ef	2f	9f	5f	21	a1	d1	11	2d	ed	1d	9d
b	cb	3b	fb	87	7	f7	77	89	9	39	f9	5	c5	f5	35
8b	4b	bb	7b	47	c7	37	b7	49	c9	b9	79	85	45	75	b5
eb	2b	db	1b	27	a7	57	d7	29	a9	d9	19	e5	25	95	55
6b	ab	5b	9b	a7	67	97	17	a9	69	59	99	65	a5	15	d5

【図 12】

(a) 16×256 閾値マトリクス

(b) オフセットアドレスの分布



【図 8】

(a) 基本マトリクスBM (図1) (b) 8×8 閾値マトリクス T_M (図6) (c) 完全にランダムなマトリクス

Figure 8(a) shows a 4x4 basic matrix BM . The matrix is a 4x4 grid of numerical values.

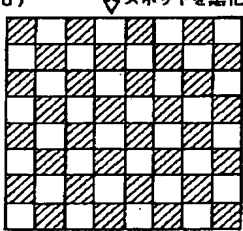
0	32	8	40	2	34	10	42
48	16	56	24	50	18	58	26
12	44	4	36	14	46	6	38
60	28	52	20	62	30	54	22
3	35	11	43	1	33	9	41
51	19	59	27	49	17	57	25
15	47	7	39	13	45	5	37
63	31	55	23	61	29	53	21

Figure 8(b) shows an 8x8 threshold matrix T_M . The matrix is an 8x8 grid of numerical values.

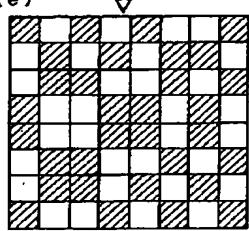
16	48	24	56	2	34	42	26
32	0	40	8	50	18	10	58
44	28	4	52	46	14	38	22
12	60	36	20	30	62	6	54
3	35	43	11	1	49	25	41
51	19	27	59	33	17	57	9
63	31	7	55	13	45	5	53
15	47	39	23	61	29	37	21

Figure 8(c) shows a completely random matrix. The matrix is an 8x8 grid of numerical values.

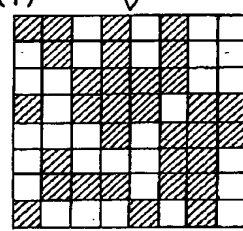
0	14	51	15	36	22	58	37
61	13	52	23	43	7	38	56
62	42	12	1	3	21	57	48
24	53	2	20	8	32	25	30
54	41	33	16	39	29	4	31
34	6	55	40	49	10	9	44
63	18	19	5	59	11	26	45
17	60	35	50	28	46	27	47

(d) $ID=32$ 未満の
スポットを黒化

(e)



(f)



【図 17】

加算器 70 の演算 (4×4 マトリクスの例)

Figure 17 shows the operation of adder 70. The matrix is a 4x4 grid of numerical values.

(A)	(B)	(C)
0 8 14 2	⑤ ⑬ 3 ⑦	4 12 3 6
12 4 6 10	1 ③ ⑪ ⑮	0 8 10 14
7 10 9 5	⑫ ⑬ ⑭ ⑩	H 14 13 9
11 3 1 13	0 ⑧ ⑥ 2	0 7 5 2

○ : 4 ビットの 2 進数で
桁上げが無かったもの

【図 10】

16×16 閾値マトリクス $T_{16 \times 16}$ (4進数表記)

0022	0022	1321	3322	3012	1012	3312	1312	1000	2000	1300	2300	2030	1030	2330	0330
1022	3012	2322	0222	0012	2012	0312	2312	3000	0000	3000	0500	0050	3010	1320	3320
1222	2222	2122	1122	0212	2212	3112	0112	1200	2200	2100	1100	2230	0230	2130	1130
3222	0222	0122	3122	3212	1212	1112	2112	3200	0200	0100	3100	1230	3230	0130	3130
3002	1002	2302	0302	1032	3032	1332	2332	1020	2020	1320	2320	2010	0010	1310	2310
0002	2002	1302	3302	2032	0032	3332	0332	3020	0020	2320	0320	1010	1010	3310	0310
3202	1202	1102	2102	1232	1232	3132	0132	0220	2220	3120	0120	2210	0210	0110	3110
0202	2202	3102	0102	0232	3232	1132	2132	2220	1220	1120	2120	1210	3210	2110	1110
2033	0033	0303	2333	0033	0033	3333	0333	1001	3001	1301	2301	2031	1031	1331	0331
1003	3003	3303	1303	2033	1033	1333	2333	2001	0001	2301	0301	3031	3031	3331	0331
0203	3203	0103	3103	1233	2233	0133	3133	3201	1201	1101	2101	2231	1231	3131	1131
2203	1203	2103	1103	3233	0233	1133	1133	0201	2201	3101	0101	0231	3231	0131	2131
0023	3023	0323	3323	2013	0013	3313	1313	2021	0021	0321	3321	0011	3011	3311	0311
2023	1023	2323	1323	1013	3013	0313	2313	1021	3021	1321	1321	2011	3011	1311	2311
3223	0223	3123	0123	0213	2213	1113	3113	0221	3221	0121	0121	3211	0211	1111	3111
1223	2223	1123	2123	2213	1213	2113	0113	2221	1221	1121	2121	1211	2211	0111	3111

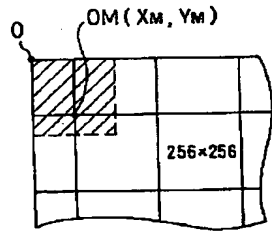
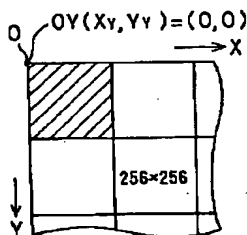
2331 (4進数)

1011101 (2進数)

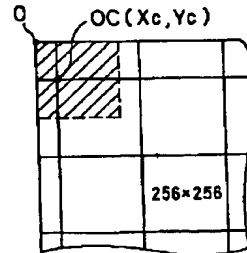
ビット1, 2: $E(a)^2 - E(d)^2$ で決定
 ビット3, 4: $E(a)^2 - E(d)^2$ で決定
 ビット5, 6: $E(a)^1 - E(d)^1$ で決定
 ビット7, 8: $E(a)^0 - E(d)^0$ で決定

【図 11】

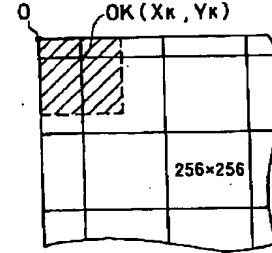
(a) Y成分のオフセットアドレス (b) M成分のオフセットアドレス



(c) C成分のオフセットアドレス



(d) K成分のオフセットアドレス



【図 19】

閾値の特定ビットを反転したもの

(A)

基準のマトリクス

4	52	24	56	2	34	46	14
36	20	40	8	50	18	30	62
44	28	16	48	42	26	38	22
12	60	32	0	10	58	6	54
3	35	43	11	13	45	1	49
51	19	27	59	61	29	33	17
63	31	7	55	5	53	25	41
15	47	39	23	37	21	57	9

(B)

下位第1ビットのみ反転

5	53	25	57	3	35	47	15
37	21	41	9	51	19	31	63
45	29	17	49	43	27	39	23
13	61	33	1	11	59	7	55
2	34	42	10	12	44	0	48
50	18	26	58	60	28	32	16
62	30	6	54	4	52	24	40
14	46	38	22	36	20	56	8

(C)

下位第2ビットのみ反転

6	54	26	58	0	32	44	12
38	22	42	10	48	16	28	60
46	28	18	50	40	24	36	20
14	62	34	2	8	54	4	52
1	33	41	9	15	47	3	51
49	17	25	57	63	31	35	19
61	29	5	53	7	55	27	43
13	45	37	21	39	23	59	11

(D)

下位第1, 第2ビットの反転

7	55	27	59	1	33	45	13
39	23	43	11	49	17	29	61
47	29	19	51	41	25	37	21
15	63	35	3	9	59	5	55
0	34	40	8	14	46	2	50
48	16	24	56	62	30	34	18
60	28	4	52	6	54	26	42
12	44	36	20	38	22	58	10

(E)

下位第3ビットのみ反転

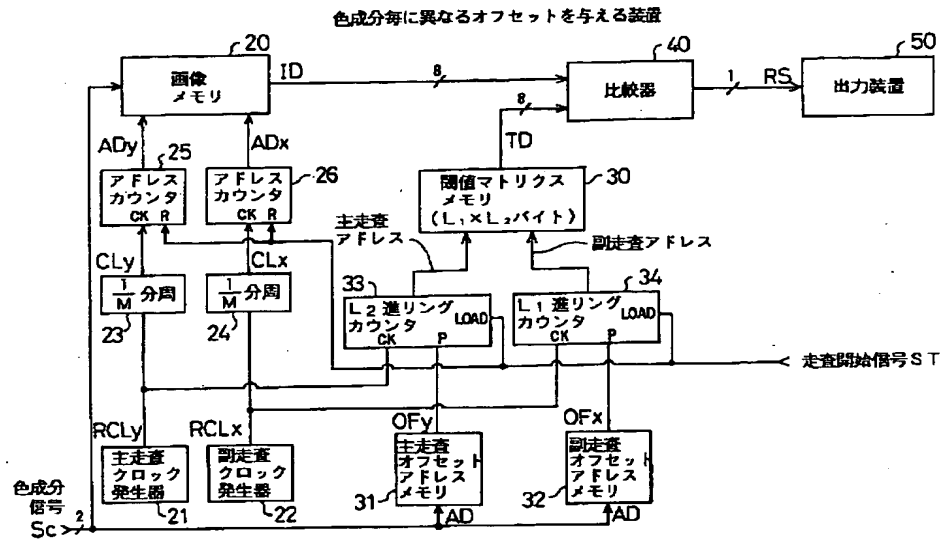
0	48	28	60	6	38	42	10
32	16	44	12	54	22	26	58
40	24	20	52	46	30	34	18
8	56	36	4	14	62	2	50
7	39	47	15	9	41	5	53
55	23	31	63	57	25	37	21
59	27	3	51	1	49	29	45
11	43	35	19	33	17	61	13

(F)

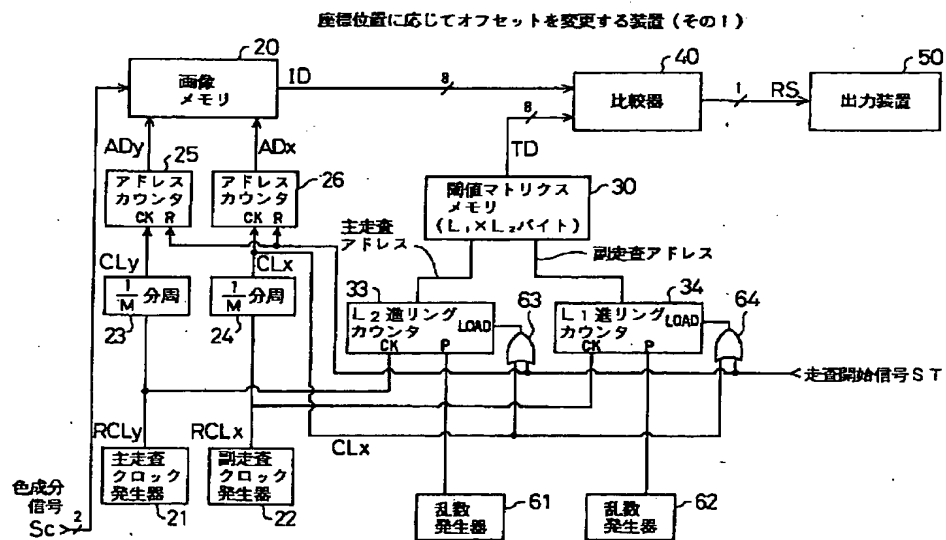
上位第1ビットのみ反転

36	20	56	24	34	2	14	46
4	52	8	40	18	50	62	30
12	60	48	16	10	58	6	54
44	28	0	32	42	26	38	22
35	3	11	43	45	13	33	17
19	51	69	27	29	61	1	49
31	63	39	23	37	21	57	9
47	15	7	55	5	53	25	41

【図 1 3】

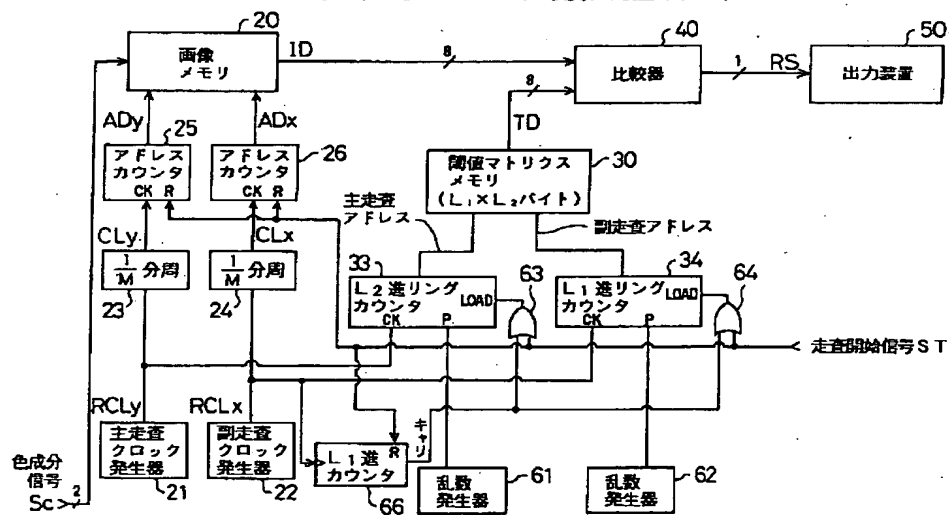


【図 1 4】



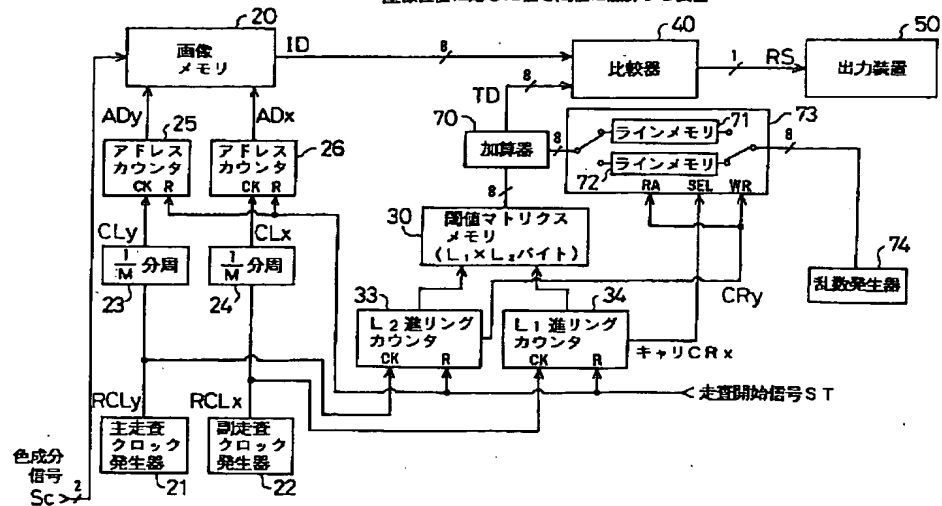
【図15】

座標位置に応じてオフセットを変更する装置 (その2)

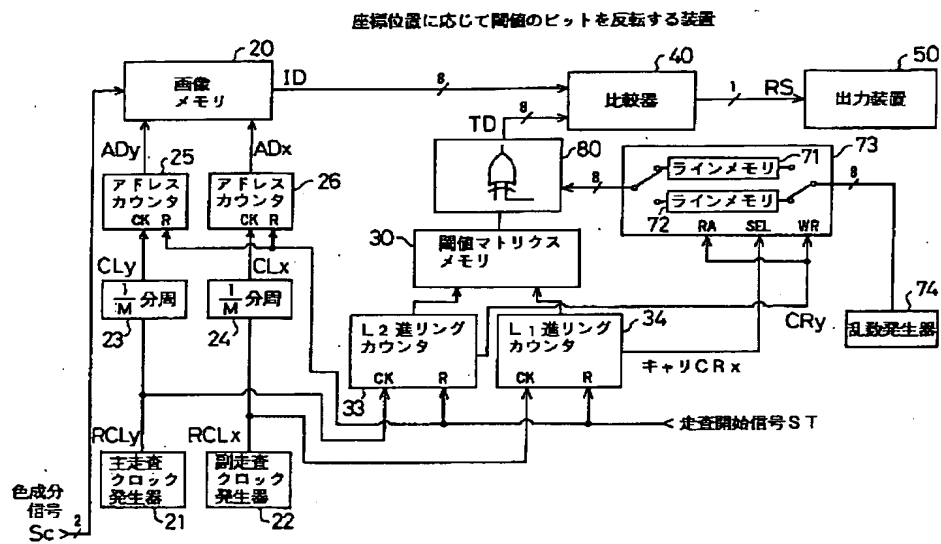


【図16】

座標位置に応じた値を閾値に加算する装置



【图 18】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H04N 1/40 - 1/409

G06T 1/00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.